

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2001 年 4 月 12 日 (12.04.2001)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 01/26166 A1

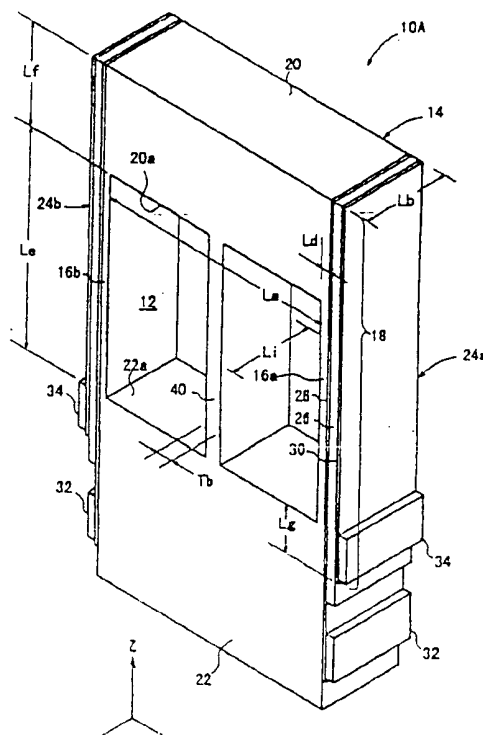
- (51) 国際特許分類: H01L 41/08, 41/22 特願平 11/371967
1999 年 12 月 27 日 (27.12.1999) JP
- (21) 国際出願番号: PCT/JP00/06746 特願 2000/13576 2000 年 1 月 21 日 (21.01.2000) JP
特願 2000/15123 2000 年 1 月 24 日 (24.01.2000) JP
- (22) 国際出願日: 2000 年 9 月 29 日 (29.09.2000) 特願 2000/56434 2000 年 3 月 1 日 (01.03.2000) JP
特願 2000/238241 2000 年 8 月 7 日 (07.08.2000) JP
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語 (71) 出願人: 日本碍子株式会社 (NGK INSULATORS, LTD.) [JP/JP]; 〒467-8530 愛知県名古屋市瑞穂区須田町 2 番 56 号 Aichi (JP).
- (30) 優先権データ: 特願平 11/281522 1999 年 10 月 1 日 (01.10.1999) JP
特願平 11/307844 1999 年 10 月 28 日 (28.10.1999) JP
特願平 11/326195 1999 年 11 月 16 日 (16.11.1999) JP (72) 発明者: 武内幸久 (TAKEUCHI, Yukihisa), 七瀬 努 (NANATAKI, Tsutomu), 木村浩二 (KIMURA, Koji), 〒467-8530 愛知県名古屋市瑞穂区須田町 2 番 56 号 日本碍子株式会社内 Aichi (JP).

[続葉有]

(54) Title: PIEZOELECTRIC / ELECTROSTRICTIVE DEVICE AND METHOD OF MANUFACTURE THEREOF

(54) 発明の名称: 圧電／電歪デバイス及びその製造方法

FIG. 1



01/26166 A1



WO 01/26166 A1

(74) 代理人: 千葉剛宏(CHIBA, Yoshinori); 〒151-0053 東京都渋谷区代々木2丁目1番1号新宿サイエンスタワー 添付公開書類: 国際調査報告書

16階 Tokyo (JP).

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (DE, FR, GB, IT).

(57) Abstract: A piezoelectric / electrostrictive device (10A) comprises a pair of opposed thin plates (16a, 16b), a movable part (20), a fixed part (22) supporting the thin plates (16a, 16b) and the movable part (20), a piezoelectric / electrostrictive element (24a, 24b) attached to at least one of the thin plates (16a, 16b), and a hole (12) defined by both inner walls of the thin plates (16a, 16b), an inner wall (20a) of the movable part (20), and an inner wall (22a) of the fixed part (22). At least one beam (40) extends from the inner wall (20a) of the movable part (20) to the inner wall (22a) of the fixed part (22).

(57) 要約:

相対向する一对の薄板部(16a, 16b)と、可動部(20)と、これら薄板部(16a, 16b)と可動部(20)を支持する固定部(22)を具備し、一对の薄板部(16a, 16b)のうち、少なくとも1つの薄板部(16a, 16b)の両内壁と可動部(20)の内壁(24a, 24b)が配設され、一对の薄板部(16a, 16b)の内壁(22a)と固定部(22)の内壁(22a)とにより孔部(12)が形成された圧電/電歪デバイス(10A)において、可動部(20)の内壁(20a)から固定部(22)の内壁

明 細 書

圧電／電歪デバイス及びその製造方法

5 技術分野

- 本発明は、圧電／電歪素子の変位動作に基づいて作動する可動部を備えた圧電／電歪デバイス、もしくは可動部の変位を圧電／電歪素子により検出できる圧電／電歪デバイス及びその製造方法に関し、詳しくは、強度、耐衝撃性、耐湿性に優れ、効率よく可動部を大きく作動させることができる圧電／電歪デバイス及びその製造方法に関する。

背景技術

- 近時、光学や磁気記録、精密加工等の分野において、サブミクロンオーダーで光路長や位置を調整可能な変位素子が必要とされており、圧電／電歪材料（例えば強誘電体等）に電圧を印加したときに惹起される逆圧電効果や電歪効果による変位を利用した変位素子の開発が進められている。

- 従来、このような変位素子としては、例えば図 23 に示すように、圧電／電歪材料からなる板状体 200 に孔部 202 を設けることにより、固定部 204 と可動部 206 とこれらを支持する梁部 208 とを一体に形成し、更に、梁部 208 に電極層 210 を設けた圧電アクチュエータが開示されている（例えば特開平 10-136665 号公報参照）。

- 前記圧電アクチュエータにおいては、電極層 210 に電圧を印加すると、逆圧電効果や電歪効果により、梁部 208 が固定部 204 と可動部 206 とを結ぶ方向に伸縮するため、可動部 206 を板状体 200 の面内において弧状変位又は回転変位させることが可能である。

一方、特開昭 63-64640 号公報には、バイモルフを用いたアクチュエータに関して、そのバイモルフの電極を分割して設け、分割された電極を選択して駆動することにより、高精度な位置決めを高速に行う技術が開示され、この公報

(特に第4図)には、例えば2枚のバイモルフを対向させて使用する構造が示されている。

しかしながら、前記圧電アクチュエータにおいては、圧電／電歪材料の伸縮方向(即ち、板状体200の面内方向)の変位をそのまま可動部206に伝達して
5 いたため、可動部206の作動量が小さいという問題があった。

また、圧電アクチュエータは、すべての部分を脆弱で比較的重い材料である圧電／電歪材料によって構成しているため、機械的強度が低く、ハンドリング性、耐衝撃性、耐湿性に劣ることに加え、圧電アクチュエータ自体が重く、動作上、有害な振動(例えば、高速作動時の残留振動やノイズ振動)の影響を受けやすい
10 という問題点があった。特に、ねじれに対して弱い構造となっている。

そこで、例えば梁部の厚みを厚くして剛性を向上させることにより、強度と共に共振周波数を上げるという手法が考えられるが、剛性の向上による影響によって著しい変位低下を招くという問題がある。

15 発明の開示

本発明はこのような課題を考慮してなされたものであり、2次元平面内での変位動作を確実に行うことができ、併せて共振周波数並びに変位動作の向上を図ることができ、しかも、有害な振動の影響を受け難く、高速応答が可能で、機械的強度が高く、ハンドリング性、耐衝撃性、耐湿性に優れた変位素子、並びに可動
20 部の振動を精度よく検出することが可能なセンサ素子を得ることができる圧電／電歪デバイス及びその製造方法を提供することを目的とする。

本発明は、相対向する一对の薄板部と、可動部と、これら薄板部と可動部を支持する固定部とを具備し、前記一对の薄板部のうち、少なくとも1つの薄板部に1以上の圧電／電歪素子が配設され、前記一对の薄板部の両内壁と前記可動部の
25 内壁と前記固定部の内壁とにより孔部が形成された圧電／電歪デバイスであって、前記可動部の内壁から前記固定部の内壁にかけて設けられた少なくとも1つの梁部を有することを特徴とする。

前記可動部の内壁から前記固定部の内壁にかけて梁部を設けたことにより、薄

板部の厚みを厚くしなくても、圧電／電歪デバイス自体の剛性が向上し、ねじれ方向の力に対しても強い構造となると共に、高共振周波数化も達成することができる。また、薄板部の厚みを厚くする必要がないため、該薄板部上に形成される圧電／電歪素子の材料特性が劣化することがなく、変位低下を抑制することができる。

更に、本圧電／電歪デバイスは、可動部をほぼ平行に作動する変位モードを有するため、梁部を設けることでの変位低下は小さく、強度向上効果、特に、薄板部の幅方向やねじれ方向に対して強い構造となる利点がある。

このように、本発明に係る圧電／電歪デバイスでは、圧電／電歪素子自体に何らの影響を与えることがなく、また、剛性の制御も形成される梁部の本数や、幅、厚み等により微調整が可能となる。特に、梁部の存在により、ねじれが抑制され、変位モードとしてほぼ2次元平面内で変位動作させることができる。

前記可動部、固定部、薄板部は、セラミックスもしくは金属を用いて構成されていてもよく、また、各部をセラミック材料同士で構成することもできるし、あるいは金属材料同士で構成することもできる。更には、セラミックスと金属の材料とから製造されたものを組み合わせたハイブリッド構造として構成することもできる。

そして、前記薄板部のうち、前記圧電／電歪素子が形成される面を、前記薄板部の側面と定義し、前記薄板部における側面の短辺方向の距離を前記薄板部の幅と定義したとき、前記梁部の幅を、前記薄板部の幅の $1/5$ 以上であることが剛性の寄与率の点で好ましく、更に好ましくは $1/3$ 以上、 $1/1$ 以下である。

また、前記薄板部のうち、前記圧電／電歪素子が形成される面を、前記薄板部の側面と定義し、前記薄板部における側面の長辺方向の距離を前記薄板部の長さ L_e と定義したとき、前記薄板部の長さ L_e と前記梁部の全厚み T_b との比率(L_e/T_b)を、5以上、200以下とすることが好ましい。

更に、前記薄板部と前記可動部と前記固定部は、セラミックグリーン積層体を同時焼成することによって一体化し、更に不要な部分を切除してなるセラミック基体で構成するようにしてもよい。また、前記圧電／電歪素子を膜状とし、焼成

によって前記セラミック基体に一体化するようにしてもよい。

- この場合、前記圧電／電歪素子は、圧電／電歪層と、該圧電／電歪層に形成された一対の電極とを有して構成することができる。また、前記圧電／電歪素子は、
- 5 圧電／電歪層と、該圧電／電歪層の両側に形成された一対の電極とを有し、該一対の電極のうち、一方の電極を少なくとも前記薄板部に形成するようにしてもよい。この場合、圧電／電歪素子による振動を薄板部を通じて効率よく可動部又は固定部に伝達することができ、応答性の向上を図ることができる。特に、前記圧電／電歪素子は、前記圧電／電歪層と前記一対の電極が複数の積層形態で構成されていることが好ましい。

- 10 このように、本発明においては、2次元平面内での変位動作を確実に行うことができ、併せて共振周波数並びに変位動作の向上を図ることができ、しかも、有害な振動の影響を受け難く、高速応答が可能で、機械的強度が高く、ハンドリング性、耐衝撃性、耐湿性に優れた変位素子、並びに可動部の振動を精度よく検出することが可能なセンサ素子を得ることができる。なお、上述の発明において、
- 15 前記孔部にゲル状の材料を充填するようにしてもよい。

- 次に、本発明は、相対向する一対の薄板部と、可動部と、これら薄板部と可動部を支持する固定部とを具備し、前記一対の薄板部のうち、少なくとも1つの薄板部に1以上の圧電／電歪素子が配設され、前記一対の薄板部の両内壁と前記可動部の内壁と前記固定部の内壁とにより孔部が形成された圧電／電歪デバイスの
- 20 製造方法であって、少なくとも前記薄板部上に前記圧電／電歪素子を作製した後に、所定部位を切除して、前記可動部の内壁から前記固定部の内壁にかけて少なくとも1つの梁部が設けられた圧電／電歪デバイスを作製することを特徴とする。

- ここでいう圧電／電歪素子を作製した後とは、少なくとも圧電／電歪層が薄板部に形成された状態を示し、圧電／電歪層の形成後に形成される電極に対しては、
- 25 互いに対向する端面を有する可動部又は固定部を形成するための切除を行った後に形成するようにしてもかまわない。

また、本発明は、相対向する一対の薄板部と、可動部と、これら薄板部と可動部を支持する固定部とを具備し、前記一対の薄板部のうち、少なくとも1つの薄

板部に1以上の圧電／電歪素子が配設され、前記一对の薄板部の両内壁と前記可動部の内壁と前記固定部の内壁とにより孔部が形成された圧電／電歪デバイスの製造方法であって、少なくとも後に少なくとも前記孔部と1つ以上の梁部を形成するための窓部を有するセラミックグリーンシートと、後に前記薄板部となるセラミックグリーンシートとを含むセラミックグリーン積層体を一体焼成して、セラミック積層体を作製するセラミック積層体作製工程と、前記セラミック積層体のうち、前記薄板部となる部分の外表面に前記圧電／電歪素子を形成する工程と、前記圧電／電歪素子が形成されたセラミック積層体に対する少なくとも1回の切除処理によって、前記可動部の内壁から前記固定部の内壁にかけて設けられた少なくとも1つの梁部を有する圧電／電歪デバイスを作製する切除工程とを含むことを特徴とする。

これらの製造方法により、2次元平面内での変位動作を確実に行うことができ、併せて共振周波数並びに変位動作の向上を図ることができ、しかも、有害な振動の影響を受け難く、高速応答が可能で、機械的強度が高く、ハンドリング性、耐衝撃性、耐湿性に優れた変位素子、並びに可動部の振動を精度よく検出することが可能なセンサ素子を容易に得ることができる。

また、これらの製造方法においては、前記切除工程において、前記セラミック積層体に対する切除処理によって前記孔部を露出させることを併せて行うようにしてもよい。この場合、互いに対向する端面を有する前記可動部又は固定部の形成と孔部の形成を同時に行うようにしてもよく、その順番は問わない。

従って、本発明に係る圧電／電歪デバイス及びその製造方法によれば、各種トランスデューサ、各種アクチュエータ、周波数領域機能部品（フィルタ）、トランス、通信用や動力用の振動子や共振子、発振子、ディスクリミネータ等の能動素子のほか、超音波センサや加速度センサ、角速度センサや衝撃センサ、質量センサ等の各種センサ用のセンサ素子として利用することができ、特に、光学機器、精密機器等の各種精密部品等の変位や位置決め調整、角度調整の機構に用いられる各種アクチュエータに好適に利用することができる。

添付した図面と協同する次の好適な実施の形態例の説明から、上記の目的及び

他の目的、特徴及び利点がより明らかになるであろう。

図面の簡単な説明

図 1 は、第 1 の実施の形態に係る圧電／電歪デバイスの構成を示す斜視図である。
5

図 2 は、第 1 の実施の形態に係る圧電／電歪デバイスの第 1 の変形例を示す斜視図である。

図 3 は、第 1 の実施の形態に係る圧電／電歪デバイスの第 2 の変形例を示す斜視図である。

10 図 4 は、第 1 の実施の形態に係る圧電／電歪デバイスの第 3 の変形例を示す斜視図である。

図 5 は、第 1 の実施の形態に係る圧電／電歪デバイスの第 4 の変形例を示す斜視図である。

15 図 6 は、第 1 の実施の形態に係る圧電／電歪デバイスの第 5 の変形例を示す斜視図である。

図 7 は、第 1 の実施の形態に係る圧電／電歪デバイスの第 6 の変形例を示す斜視図である。

図 8 は、第 1 の実施の形態に係る圧電／電歪デバイスの第 7 の変形例を示す斜視図である。

20 図 9 は、第 1 の実施の形態に係る圧電／電歪デバイスの第 8 の変形例を示す斜視図である。

図 10 は、第 1 の実施の形態に係る圧電／電歪デバイスの第 9 の変形例を示す斜視図である。

図 11 は、圧電／電歪素子の他の例を一部省略して示す斜視図である。

25 図 12 は、圧電／電歪素子の更に他の例を一部省略して示す斜視図である。

図 13 は、第 1 の実施の形態に係る圧電／電歪デバイスの第 10 の変形例を示す斜視図である。

図 14 は、第 1 の実施の形態に係る圧電／電歪デバイスにおいて、圧電／電歪

素子が共に変位動作を行っていない場合を示す説明図である。

図 1 5 A は、一方の圧電／電歪素子に印加される電圧波形を示す波形図である。

図 1 5 B は、他方の圧電／電歪素子に印加される電圧波形を示す波形図である。

図 1 6 は、第 1 の実施の形態に係る圧電／電歪デバイスにおいて、圧電／電歪素子が変位動作を行った場合を示す説明図である。

図 1 7 A は、第 1 の実施の形態に係る圧電／電歪デバイスの製造方法において、必要なセラミックグリーンシートの積層過程を示す説明図である。

図 1 7 B は、セラミックグリーン積層体とした状態を示す説明図である。

図 1 8 は、前記製造方法において、セラミックグリーン積層体を焼成したセラミック積層体とした後、該セラミック積層体に圧電／電歪素子を形成した状態を示す説明図である。

図 1 9 は、前記製造方法において、セラミック積層体を所定の切断線に沿って切断して、第 1 の実施の形態に係る圧電／電歪デバイスとした状態を示す説明図である。

図 2 0 は、第 2 の実施の形態に係る圧電／電歪デバイスの構成を示す斜視図である。

図 2 1 は、第 3 の実施の形態に係る圧電／電歪デバイスの構成を示す斜視図である。

図 2 2 は、第 4 の実施の形態に係る圧電／電歪デバイスの構成を示す斜視図である。

図 2 3 は、従来例に係る圧電／電歪デバイスを示す構成図である。

発明を実施するための最良の形態

以下、本発明に係る圧電／電歪デバイス及びその製造方法の実施の形態例を図 1 ～図 2 2 を参照しながら説明する。

ここで、圧電／電歪デバイスは、圧電／電歪素子により電気的エネルギーと機械的エネルギーとを相互に変換する素子を包含する概念である。従って、各種アクチュエータや振動子等の能動素子、特に、逆圧電効果や電歪効果による変位を利用

した変位素子として最も好適に用いられるほか、加速度センサ素子や衝撃センサ素子等の受動素子としても好適に使用され得る。

なお、圧電／電歪デバイス並びに圧電／電歪素子は、それぞれ圧電及び／又は電歪デバイス並びに圧電及び／又は電歪素子を意味する。

- 5 まず、第1の実施の形態に係る圧電／電歪デバイス10Aは、図1に示すように、全体として長尺の直方体の形状を呈し、その長軸方向のほぼ中央部分に孔部12が設けられた基体14を有する。

基体14は、相対向する一対の薄板部16a及び16bと、可動部20と、前記一対の薄板部16a及び16b並びに可動部20を支持する固定部22とを具備し、少なくとも薄板部16a及び16bの各一部にそれぞれ圧電／電歪素子24a及び24bが形成されている。ここで、薄板部16a及び16bのうち、それぞれ圧電／電歪素子24a及び24bが形成される面を、薄板部16a及び16bの側面と定義する。

この基体14については、全体をセラミックスもしくは金属を用いて構成されたもののほか、セラミックスと金属の材料で製造されたものを組み合わせたハイブリッド構造としてもよい。

また、基体14は、各部を有機樹脂、ガラス等の接着剤で接着してなる構造、セラミックグリーン積層体を焼成により一体化してなるセラミック一体構造、ロウ付け、半田付け、共晶接合もしくは溶接等で一体化した金属一体構造等の構成を採用することができるが、一体構造が信頼性の点で望ましく、中でも最も好ましくはセラミックグリーン積層体を焼成により一体化したセラミック積層体で基体14を構成することが望ましい。

このようなセラミックスの一体化物は、各部の接合部に接着剤が介在しないことから、経時的な状態変化がほとんど生じないため、接合部位の信頼性が高く、かつ、剛性確保に有利な構造であることに加え、後述するセラミックグリーンシート積層法により、容易に製造することが可能である。

そして、圧電／電歪素子24a及び24bは、後述のとおり別体として圧電／電歪素子24a及び24bを準備して、基体14に有機樹脂、ガラス等の接着剤

や、ロウ付け、半田付け、共晶接合等で貼り付けられるほか、膜形成法を用いることにより、前記貼り付けではなく直接基体 1 4 に形成されることとなる。

また、この圧電／電歪デバイス 1 0 A は、一对の薄板部 1 6 a 及び 1 6 b の両内壁と可動部 2 0 の内壁 2 0 a と固定部 2 2 の内壁 2 2 a により例えば矩形状の前記孔部 1 2 が形成され、前記圧電／電歪素子 2 4 a 及び／又は 2 4 b の駆動によって可動部 2 0 が変位し、あるいは可動部 2 0 の変位を圧電／電歪素子 2 4 a 及び／又は 2 4 b により検出する構成を有する。

圧電／電歪素子 2 4 a 及び 2 4 b は、圧電／電歪層 2 6 と、該圧電／電歪層 2 6 の両側に形成された一对の電極 2 8 及び 3 0 とを有して構成され、該一对の電極 2 8 及び 3 0 のうち、一方の電極 2 8 が少なくとも一对の薄板部 1 6 a 及び 1 6 b に形成されている。

図 1 の例では、圧電／電歪素子 2 4 a 及び 2 4 b を構成する一对の電極 2 8 及び 3 0 並びに圧電／電歪層 2 6 の各先端面がほぼ揃っており、この圧電／電歪素子 2 4 a 及び 2 4 b の実質的駆動部分 1 8 (一对の電極 2 8 及び 3 0 が圧電／電歪層 2 6 を間に挟んで重なる部分) が可動部 2 0 の先端から固定部 2 2 の外表面の一部にかけて連続的に形成されている。

そして、上述の第 1 の実施の形態に係る圧電／電歪デバイス 1 0 A においては、図 1 に示すように、可動部 2 0 の内壁 2 0 a から固定部 2 2 の内壁 2 2 a にかけて 1 つの梁部 4 0 が形成されて構成されている。図 1 の例では、薄板部 1 6 a 及び 1 6 b における側面の短辺方向の距離を薄板部 1 6 a 及び 1 6 b の幅 L_b と定義したとき、梁部 4 0 の幅 L_i を、薄板部 1 6 a 及び 1 6 b の幅 L_b とほぼ同じに設定している。

なお、一对の電極 2 8 及び 3 0 への電圧の印加は、各電極 2 8 及び 3 0 のうち、それぞれ固定部 2 2 の両側面 (素子形成面) 上に形成された端子 (パッド) 3 2 及び 3 4 を通じて行われるようになっている。各端子 3 2 及び 3 4 の位置は、一方の電極 2 8 に対応する端子 3 2 が固定部 2 2 の後端寄りに形成され、外部空間側の他方の電極 3 0 に対応する端子 3 4 が固定部 2 2 の内壁 2 2 a 寄りに形成されている。

この場合、圧電／電歪デバイス 10 A の固定を、端子 3 2 及び 3 4 が配置された面とは別の面を利用してそれぞれ別個に行うことができ、結果として、圧電／電歪デバイス 10 A の固定と、回路と端子 3 2 及び 3 4 間の電氣的接続の双方に高い信頼性を得ることができる。この構成においては、フレキシブルプリント回路（FPC とも称される）、フレキシブルフラットケーブル（FFC とも称される）、ワイヤボンディング等によって端子 3 2 及び 3 4 と回路との電氣的接続が行われる。

圧電／電歪素子 2 4 a 及び 2 4 b の構成としては、図 1 に示す構成のほか、図 2 に示す第 1 の変形例に係る圧電／電歪デバイス 10 A a のようにしてもよい。

10 即ち、第 1 の変形例に係る圧電／電歪デバイス 10 A a は、圧電／電歪素子 2 4 a 及び 2 4 b を構成する一対の電極 2 8 及び 3 0 並びに圧電／電歪層 2 6 の各先端面がほぼ揃っており、この圧電／電歪素子 2 4 a 及び 2 4 b の実質的駆動部分 1 8 （一対の電極 2 8 及び 3 0 が圧電／電歪層 2 6 を間に挟んで重なる部分）が固定部 2 2 の外表面の一部から薄板部 1 6 a 及び 1 6 b の外表面の一部にかけて

15 連続的に形成されている。この構成をとることで、可動部 2 0 の変位量を効率的に大きくすることが可能となる。

特に、この例では、一対の電極 2 8 及び 3 0 の各先端面が可動部 2 0 の内壁 2 0 a よりもわずかに後端寄りに位置されている。もちろん、前記実質的駆動部分 1 8 が可動部 2 0 の一部から薄板部 1 6 a 及び 1 6 b の一部にかけて位置するように圧電／電歪素子 2 4 a 及び 2 4 b を形成するようにしてもよい。

20

また、図 3 に示す第 2 の変形例に係る圧電／電歪デバイス 10 A b のように、圧電／電歪素子 2 4 a 及び 2 4 b を構成する一対の電極 2 8 及び 3 0 の各先端部を揃え、圧電／電歪層 2 6 の先端部のみを可動部 2 0 側に突出させるようにしてもよく、また、図 4 に示す第 3 の変形例に係る圧電／電歪デバイス 10 A c のように、一方の電極 2 8 と圧電／電歪層 2 6 の各先端部を揃え、他方の電極 3 0 の先端部のみを固定部 2 2 寄りに位置させるようにしてもよい。これらの例のもの

25

も、図 2 の例と同様に、可動部 2 0 の変位を有利に大きくすることができる。

特に、上述の第 2 の変形例に係る圧電／電歪デバイス 10 A b では、図 3 に示

すように、可動部 20 に互いに対向する端面 36 a 及び 36 b を形成した例を示す。図 3 では、可動部 20 のうち、一方の薄板部 16 a と梁部 40 との間に対応する部分と、他方の薄板部 16 b と梁部 40 との間に対応する部分にそれぞれ互いに対向する端面 36 a 及び 36 b を形成した例を示す。

- 5 この場合、製造時に圧電／電歪素子 24 a 及び 24 b 及び／又は薄板部 16 a 及び 16 b に生じていた内部残留応力を前記端面 36 a 及び 36 b の移動によって解放することができるため、可動部 20 の変位動作が前記内部残留応力によって阻害されることがなくなり、ほぼ設計通りの可動部 20 の変位動作を得ることができる。加えて、この応力の解放によって、圧電／電歪デバイス 10 A b の機械強度の向上も図ることができる。
- 10

- これら端面 36 a 及び 36 b の間には、図 3 に示すように、空隙（空気） 38 を介在させるようにしてもよいし、前記可動部 20 の構成部材とは異なる部材、例えば樹脂等からなる部材を介在させるようにしてもよい。上述の例では、互いに対向する端面 36 a 及び 36 b を可動部 20 に設けた例を示したが、その他、
- 15 第 3 の変形例に係る圧電／電歪デバイス 10 A c のように、前記端面 36 a 及び 36 b を固定部 22 に設けるようにしてもよい（図 4 参照）。

- その他、図 5 に示す第 4 の変形例に係る圧電／電歪デバイス 10 A d のように、一方の電極 28 及び圧電／電歪層 26 の各先端部を可動部 20 の側面にまで延ばし、他方の電極 30 の先端部を薄板部 16 a 及び 16 b の長さ方向（Z 軸方向）
- 20 のほぼ中央に位置させるようにしてもよい。

上述の例では、圧電／電歪素子 24 a 及び 24 b を、1 層構造の圧電／電歪層 26 と一対の電極 28 及び 30 で構成するようにしたが、その他、圧電／電歪素子 24 a 及び 24 b を、圧電／電歪層 26 と一対の電極 28 及び 30 の複数を積層形態にして構成することも好ましい。

- 25 例えば図 6 に示す第 5 の変形例に係る圧電／電歪デバイス 10 A e のように、圧電／電歪層 26 並びに一対の電極 28 及び 30 をそれぞれ多層構造とし、一方の電極 28 と他方の電極 30 をそれぞれ交互に積層して、これら一方の電極 28 と他方の電極 30 が圧電／電歪層 26 を間に挟んで重なる部分（実質的駆動部分

1 8) が多段構成とされた圧電／電歪素子 2 4 a 及び 2 4 b としてもよい。この図 6 では、圧電／電歪層 2 6 を 3 層構造とし、1 層目の下面（薄板部 1 6 a 及び 1 6 b の側面）と 2 層目の上面に一方の電極 2 8 をそれぞれ分離して形成し、1 層目の上面と 3 層目の上面に他方の電極 3 0 をそれぞれ分離して形成し、更に、
5 一方の電極 2 8 の各端部にそれぞれ端子 3 2 a 及び 3 2 b を設け、他方の電極 3 0 の各端部にそれぞれ端子 3 4 a 及び 3 4 b を設けた例を示している。

また、図 7 に示す第 6 の変形例に係る圧電／電歪デバイス 1 0 A f のように、圧電／電歪層 2 6 並びに一对の電極 2 8 及び 3 0 をそれぞれ多層構造とし、一方の電極 2 8 と他方の電極 3 0 を断面ほぼ櫛歯状となるようにそれぞれ互い違いに
10 積層し、これら一方の電極 2 8 と他方の電極 3 0 が圧電／電歪層 2 6 を間に挟んで重なる部分（実質的駆動部分 1 8）が多段構成とされた圧電／電歪素子 2 4 a 及び 2 4 b としてもよい。この図 7 では、圧電／電歪層 2 6 を 3 層構造とし、一方の電極 2 8 が 1 層目の下面（薄板部 1 6 a 及び 1 6 b の側面）と 2 層目の上面に位置するように櫛歯状に形成し、他方の電極 3 0 が 1 層目の上面と 3 層目の上
15 面に位置するように櫛歯状に形成した例を示している。この構成の場合、一方の電極 2 8 同士並びに他方の電極 3 0 同士をそれぞれつなぎ共通化することで、図 5 の構成と比べて端子 3 2 及び 3 4 の数を減らすことができるため、圧電／電歪素子 2 4 a 及び 2 4 b の多層化に伴うサイズの大型化を抑えることができる。

なお、図 6 においては、一方の電極 2 8 同士、他方の電極 3 0 同士に対して同
20 じ電位の信号を印加する使用法のほか、すべての電極 2 8 及び 3 0 にそれぞれ独立した信号を印加して使用することも可能である。後者のような使用法を採用すれば、各圧電／電歪層 2 6 ごとに異なる歪みを発生させることができ、より精密な変位制御を行わせることが可能である。

また、図 8 に示す第 7 の変形例に係る圧電／電歪デバイス 1 0 A g のように、
25 圧電／電歪素子 2 4 a 及び 2 4 b を、その先端部が薄板部 1 6 a 及び 1 6 b 上にとどまるように形成するようにしてもよい。図 8 の例では、圧電／電歪素子 2 4 a 及び 2 4 b の先端部を薄板部 1 6 a 及び 1 6 b の長さ方向ほぼ中央部に位置された例を示す。この場合、可動部 2 0 を固定部 2 2 に対してほぼ平行に大きく変

位させることができるという利点がある。従って、梁部40を付加することで、強度の向上を図ることができ、かつ、変位の低下を小さく抑えることができる。

また、図9に示す第8の変形例に係る圧電／電歪デバイス10A hのように、2つの多段構成の圧電／電歪素子24a1及び24b1をそれぞれ固定部22と薄板部16a及び16bとを跨るように形成し、他の2つの多段構成の圧電／電歪素子24a2及び24b2をそれぞれ可動部20と薄板部16a及び16bとを跨るように形成するようにしてもよい。この場合、圧電／電歪素子24a及び24bを多段構造にする効果と、可動部20を変位させるための作用点が増えるという効果により、可動部20をきわめて大きく変位させることができ、また、
10 高速応答性にも優れたものになり、好ましい。また、この構成をとることで、可動部20を固定部22に対してほぼ平行に変位させることが可能となり、梁部40の影響による変位低下を極力抑えることができる。

また、図10に示す第9の変形例に係る圧電／電歪デバイス10A iのように、圧電／電歪層26を2層構造とし、一方の電極28が1層目の下面（薄板部16a及び16bの側面）と2層目の上面に位置するように櫛歯状に形成し、他方の電極30が1層目の上面に位置するように形成した多段構成の圧電／電歪素子24a及び24bとしてもよい。
15

このような圧電／電歪素子24a及び24bを多段構造とすることにより、圧電／電歪素子24a及び24bの発生力が増大し、もって大変位が図られると共に、圧電／電歪デバイス10A自体の剛性が増すことで、高共振周波数化が図られ、変位動作の高速化が容易に達成できる。
20

なお、段数を多くすれば、駆動力の増大は図られるが、それに伴い消費電力も増えるため、実際に実施する場合には、用途、使用状態に応じて適宜段数等を決めればよい。また、第5～第9の変形例に係る圧電／電歪デバイス10A e～10A iでは、圧電／電歪素子24a及び24bを多段構造にして駆動力を上げて
25 も、基本的に薄板部16a及び16bの幅（Y軸方向の距離）は不変であるため、例えば非常に狭い間隙において使用されるハードディスク用磁気ヘッドの位置決め、リソング制御等のアクチュエータに適用すると非常に好ましいデバイス

となる。また、固定部 22 と薄板部 16 a 及び 16 b 間及び／又は薄板部 16 a 及び 16 b と可動部 20 間に跨るようにして圧電／電歪素子 24 a 及び 24 b を形成すれば、可動部 20 の変位を固定部 22 に対してほぼ平行にすることができるため、梁部 40 を設けることによる強度の向上を十分に発揮させることができると共に、変位の低下の割合を小さくすることができる。

5 上述の圧電／電歪素子 24 a 及び 24 b においては、一对の電極 28 及び 30 間に圧電／電歪層 26 を介在させたいわゆるサンドイッチ構造で構成した場合を示したが、その他、図 11 に示すように、少なくとも薄板部 16 a 及び 16 b の側面に形成された圧電／電歪層 26 の一主面に櫛型的一对の電極 28 及び 30 を形成するようにしてもよいし、図 12 に示すように、少なくとも薄板部 16 a 及び 16 b の側面に形成された圧電／電歪層 26 に櫛型的一对の電極 28 及び 30 を埋め込んで形成するようにしてもよい。

図 11 に示す構造の場合、消費電力を低く抑えることができるという利点があり、図 12 に示す構造の場合は、歪み、発生力の大きな電界方向の逆圧電効果を効果的に利用できる構造であることから、大変位の発生に有利になる。

15 具体的には、図 11 に示す圧電／電歪素子 24 a 及び 24 b は、圧電／電歪層 26 の一主面に櫛型構造的一对の電極 28 及び 30 が形成されてなり、一方の電極 28 及び他方の電極 30 が互い違いに一定の幅の間隙 29 をもって相互に対向する構造を有する。図 11 では、一对の電極 28 及び 30 を圧電／電歪層 26 の一主面に形成した例を示したが、その他、薄板部 16 a 及び 16 b と圧電／電歪層 26 との間に一对の電極 28 及び 30 を形成するようにしてもよいし、圧電／電歪層 26 の一主面並びに薄板部 16 a 及び 16 b と圧電／電歪層 26 との間にそれぞれ櫛型的一对の電極 28 及び 30 を形成するようにしてもよい。

25 一方、図 12 に示す圧電／電歪素子 24 a 及び 24 b は、圧電／電歪層 26 に埋め込まれるように、櫛型構造的一对の電極 28 及び 30 が形成され、一方の電極 28 及び他方の電極 30 が互い違いに一定の幅の間隙 29 をもって相互に対向する構造を有する。

このような図 11 及び図 12 に示すような圧電／電歪素子 24 a 及び 24 b も

- 第1の実施の形態に係る圧電／電歪デバイス10A等に好適に用いることができる。図11及び図12に示す圧電／電歪素子24a及び24bのように、櫛型の一对の電極28及び30を用いる場合は、各電極28及び30の櫛歯のピッチDを小さくすることで、圧電／電歪素子24a及び24bの変位を大きくすることが可能である。

また、上述の例では、梁部40の幅 L_i を、薄板部16a及び16bの幅 L_b とほぼ同じに設定した場合を示したが、その他、図13に示す第10の変形例に係る圧電／電歪デバイス10Ajのように、梁部40の幅 L_i を、薄板部16a及び16bの幅 L_b よりも短くするようにしてもよい。

- 10 ここで、第1の実施の形態に係る圧電／電歪デバイス10Aの動作について説明する。まず、例えば2つの圧電／電歪素子24a及び24bが自然状態、即ち、圧電／電歪素子24a及び24bが共に変位動作を行っていない場合は、図14に示すように、圧電／電歪デバイス10Aの長軸（固定部の長軸）mと可動部20の中心軸nとがほぼ一致している。

- 15 この状態から、例えば図15Aの波形図に示すように、一方の圧電／電歪素子24aにおける一对の電極28及び30に所定のバイアス電位 V_b を有するサイン波 W_a をかけ、図15Bに示すように、他方の圧電／電歪素子24bにおける一对の電極28及び30に前記サイン波 W_a とはほぼ 180° 位相の異なるサイン波 W_b をかける。

- 20 そして、一方の圧電／電歪素子24aにおける一对の電極28及び30に対して例えば最大値の電圧が印加された段階においては、一方の圧電／電歪素子24aにおける圧電／電歪層26はその主面方向に収縮変位する。これにより、例えば図16に示すように、一方の薄板部16aに対し、矢印Aに示すように、該薄板部16aを例えば右方向に撓ませる方向の応力が発生することから、該一方の薄板部16aは、右方向に撓み、このとき、他方の圧電／電歪素子24bにおける一对の電極28及び30には、電圧は印加されていない状態となるため、他方の薄板部16bは一方の薄板部16aの撓みに追従して右方向に撓む。その結果、可動部20は、圧電／電歪デバイス10Aの長軸mに対して例えば右方向に変位
- 25

する。なお、変位量は、各圧電／電歪素子 24 a 及び 24 b に印加される電圧の最大値に応じて変化し、例えば最大値が大きくなるほど変位量も大きくなる。

特に、圧電／電歪層 26 の構成材料として、抗電界を有する圧電／電歪材料を適用した場合には、図 15 A 及び図 15 B の一点鎖線の波形に示すように、最小
5 値のレベルが僅かに負のレベルとなるように、前記バイアス電位 V b を調整するようにしてもよい。この場合、該負のレベルが印加されている圧電／電歪素子（例えば他方の圧電／電歪素子 24 b）の駆動によって、例えば他方の薄板部 16 b に一方の薄板部 16 a の撓み方向と同じ方向の応力が発生し、可動部 20 の変位量をより大きくすることが可能となる。つまり、図 15 A 及び図 15 B にお
10 ける一点鎖線に示すような波形を使用することで、負のレベルが印加されている圧電／電歪素子 24 b 又は 24 a が、変位動作の主体となっている圧電／電歪素子 24 a 又は 24 b をサポートするという機能を持たせることができる。

なお、図 9 に示す第 8 の変形例に係る圧電／電歪デバイス 10 A h の例では、対角線上に配置された例えば圧電／電歪素子 24 a 1 と圧電／電歪素子 24 b 2
15 に、図 15 A に示す電圧（サイン波 W a 参照）が印加され、他の圧電／電歪素子 24 a 2 と圧電／電歪素子 24 b 1 に、図 15 B に示す電圧（サイン波 W b 参照）が印加される。

このように、第 1 の実施の形態に係る圧電／電歪デバイス 10 A 並びに各種変形例 10 A a ~ 10 A j においては、圧電／電歪素子 24 a 及び 24 b の微小な
20 変位が薄板部 16 a 及び 16 b の撓みを利用して大きな変位動作に増幅されて、可動部 20 に伝達することになるため、可動部 20 は、圧電／電歪デバイス 10 A の長軸 m に対して大きく変位させることが可能となる。

特に、可動部 20 の内壁 20 a から固定部 22 の内壁 22 a にかけて梁部 40 を設けたことにより、薄板部 16 a 及び 16 b の厚み L d を厚くしなくても、圧
25 電／電歪デバイス 10 A 自体の剛性が向上し、ねじれ方向の力に対しても強い構造となると共に、高共振周波数化も達成することができる。また、薄板部 16 a 及び 16 b の厚み L d を厚くする必要がないため、該薄板部 16 a 及び 16 b 上に形成される圧電／電歪素子 24 a 及び 24 b の材料特性が劣化することがなく、

変位低下を抑制することができる。

つまり、第1の実施の形態に係る圧電／電歪デバイス10A並びに各種変形例10Aa～10Ajでは、圧電／電歪素子24a及び24b自体に何らの影響を与えることがなく、また、剛性の制御も形成される梁部40の本数や、幅、厚み等により微調整が可能となる。特に、梁部40の存在により、ねじれが抑制され、
5 変位モードとしてほぼ2次元平面内で変位動作させることができる。

ここで、周波数とは、一对の電極28及び30に印加する電圧を交替的に切り換えて、可動部20を左右に変位させたときの電圧波形の周波数を示し、共振周波数とは、可動部20の変位動作が所定の振動モードで追従できる最大の周波数を示す。
10

また、第1の実施の形態に係る圧電／電歪デバイス1.0A等においては、可動部20、薄板部16a及び16b並びに固定部22が一体化されており、すべての部分を脆弱で比較的重い材料である圧電／電歪材料によって構成する必要がないため、機械的強度が高く、ハンドリング性、耐衝撃性、耐湿性に優れ、動作上、
15 有害な振動（例えば、高速作動時の残留振動やノイズ振動）の影響を受け難いという利点を有する。

また、この第1の実施の形態に係る圧電／電歪デバイス10A等においては、圧電／電歪素子24a及び24bを、圧電／電歪層26と、該圧電／電歪層26の両側に形成された一对の電極28及び30とを有して構成し、一对の電極28及び30のうち、一方の電極28を少なくとも薄板部16a及び16bの外表面に形成するようにしたので、圧電／電歪素子24a及び24bによる振動を薄板部16a及び16bを通じて効率よく可動部20に伝達することができ、応答性の向上を図ることができる。
20

特に、第1～第7の変形例に係る圧電／電歪デバイス10Aa～10Ag、並びに第9の変形例に係る圧電／電歪デバイス10Aiにおいては、一对の電極28及び30が圧電／電歪層26を間に挟んで重なる部分（実質的駆動部分18）を固定部22の一部から薄板部16a及び16bの一部にかけて連続的に形成するようにしている。実質的駆動部分18を更に可動部20の一部にかけて形成し
25

た場合、可動部 20 の変位動作が前記実質的駆動部分 18 によって制限され、大きな変位を得ることができなくなるおそれがあるが、この実施の形態では、前記実質的駆動部分 18 を可動部 20 と固定部 22 の両方にかけないように形成しているため、可動部 20 の変位動作が制限されるという不都合が回避され、可動部 20 の変位量を大きくすることができる。また、その中でも、圧電／電歪デバイス 10 A a ~ 10 A c、10 A g 等 に示されるような構成を採用することで、可動部 20 を固定部 22 に対してほぼ平行に変位させることが可能となるため、梁部 40 の強度の向上と共に、変位低下を小さく抑えることができるため好ましい。

逆に、可動部 20 の一部に圧電／電歪素子 24 a 及び 24 b を形成する場合は、
10 前記実質的駆動部分 18 が可動部 20 の一部から薄板部 16 a 及び 16 b の一部にかけて位置させるように形成することが好ましい。これは、実質的駆動部分 18 が固定部 22 の一部にまでわたって形成されると、上述したように、可動部 20 の変位動作が制限されるからである。この場合も、前記実質的駆動部分 18 の位置関係に加え、一方の電極 28、他方の電極 30 及び圧電／電歪層 26 の全て
15 が可動部 20 の一部から薄板部 16 a 及び 16 b の一部にかけて位置させるように形成した構成にすれば、可動部 20 を固定部 22 に対してほぼ平行に変位させることが可能となるため、梁部 40 の強度の向上と共に、変位低下を特に小さく抑えることができ、好ましい。

次に、本実施の形態に係る圧電／電歪デバイス 10 A の好ましい構成例について説明する。
20

まず、可動部 20 の変位動作を確実なものとするために、圧電／電歪素子 24 a 及び 24 b の実質的駆動部分 18 が固定部 22 もしくは可動部 20 にかかる距離 L_g を薄板部 16 a 及び 16 b の厚み L_d の $1/2$ 以上とすることが好ましい。

そして、薄板部 16 a 及び 16 b の内壁間の距離（X 軸方向の距離） L_a と薄板部 16 a 及び 16 b の幅 L_b との比 L_a/L_b が $0.5 \sim 2.0$ となるように構成する。前記比 L_a/L_b は、好ましくは $1 \sim 1.0$ とされ、更に好ましくは $2 \sim 8$ とされる。この比 L_a/L_b の規定値は、可動部 20 の変位量を大きくし、X-Z 平面内での変位を支配的に得られることの発見に基づく規定である。
25

一方、薄板部16a及び16bの長さ(Z軸方向の距離) L_e と薄板部16a及び16bの内壁間の距離 L_a との比 L_e/L_a においては、好ましくは0.5~1.0とされ、更に好ましくは0.7~5とすることが望ましい。この比 L_e/L_a の規定値は、可動部20の変位量を大きくでき、かつ、高い共振周波数で変位動作を行うことができる(高い応答速度を達成できる)という発見に基づく規定である。

従って、第1の実施の形態に係る圧電/電歪デバイス10AをY軸方向への煽り変位、あるいは振動を抑制し、かつ、高速応答性に優れ、相対的に低電圧で大きな変位を併せ持つ構造とするには、比 L_a/L_b を0.5~2.0とし、かつ、比 L_e/L_a を0.5~1.0にすることが好ましく、更に好ましくは比 L_a/L_b を1~1.0とし、かつ、比 L_e/L_a を0.7~5にすることである。更に、孔部12にゲル状の材料、例えばシリコンゲルを充填することが好ましい。

また、可動部20の長さ(Z軸方向の距離) L_f は、短いことが好ましい。短くすることで軽量化と共振周波数の増大が図られるからである。しかしながら、可動部20のX軸方向の剛性を確保し、その変位を確実なものとするためには、薄板部16a及び16bの厚み L_d との比 L_f/L_d を3以上、好ましくは5以上とすることが望ましい。

なお、各部の実寸法は、可動部20への部品の取り付けのための接合面積、固定部22を他の部材に取り付けるための接合面積、電極用端子などの取り付けのための接合面積、圧電/電歪デバイス10A全体の強度、耐久度、必要な変位量並びに共振周波数、そして、駆動電圧等を考慮して定められることになる。

具体的には、例えば薄板部16a及び16bの内壁間の距離 L_a は、 $100\mu\text{m}$ ~ $2000\mu\text{m}$ が好ましく、更に好ましくは $200\mu\text{m}$ ~ $1000\mu\text{m}$ である。薄板部16a及び16bの幅 L_b は、 $50\mu\text{m}$ ~ $2000\mu\text{m}$ が好ましく、更に好ましくは $100\mu\text{m}$ ~ $500\mu\text{m}$ である。薄板部16a及び16bの厚み L_d は、Y軸方向への変位成分である煽り変位が効果的に抑制できるように、薄板部16a及び16bの幅 L_b との関係において $L_b > L_d$ とされ、かつ、 $2\mu\text{m}$ ~ $100\mu\text{m}$ が好ましく、更に好ましくは $4\mu\text{m}$ ~ $50\mu\text{m}$ である。

薄板部16a及び16bの長さ L_e は、 $200\mu\text{m}\sim 3000\mu\text{m}$ が好ましく、更に好ましくは $300\mu\text{m}\sim 2000\mu\text{m}$ である。可動部20の長さ L_f は、 $50\mu\text{m}\sim 2000\mu\text{m}$ が好ましく、更に好ましくは $100\mu\text{m}\sim 1000\mu\text{m}$ である。

- 5 このような構成にすることにより、X軸方向の変位に対してY軸方向の変位が10%を超えないが、上述の寸法比率と実寸法の範囲で適宜調整を行うことで低電圧駆動が可能で、Y軸方向への変位成分を5%以下に抑制できるというきわめて優れた効果を示す。つまり、可動部20は、実質的にX軸方向という1軸方向に変位することになり、しかも、高速応答性に優れ、相対的に低電圧で大きな変位を得ることができる。

- 10 また、この圧電／電歪デバイス10Aにおいては、デバイスの形状が従来のような板状ではなく、可動部20と固定部22が直方体の形状を呈しており、可動部20と固定部22の側面が連続するように一对の薄板部16a及び16bが設けられているため、圧電／電歪デバイス10AのY軸方向の剛性を選択的に高く
- 15 することができる。

即ち、この圧電／電歪デバイス10Aでは、平面内(XZ平面内)における可動部20の動作のみを選択的に発生させることができ、可動部20のYZ面内の動作(いわゆる振り方向の動作)を抑制することができる。

- 20 特に、梁部40の幅 L_i は、薄板部16a及び16bの幅 L_b の $1/5$ 以上であることが剛性の寄与率の点で好ましく、更に好ましくは $1/3$ 以上である。また、薄板部16a及び16bの長さ L_e と梁部40の全厚み T_b との比率(L_e/T_b)は、5以上、200以下であることが好ましい。

次に、第1の実施の形態に係る圧電／電歪デバイス10Aの各構成要素について説明する。

- 25 可動部20は、上述したように、薄板部16a及び16bの駆動量に基づいて作動する部分であり、圧電／電歪デバイス10Aの使用目的に応じて種々の部材が取り付けられる。例えば、圧電／電歪デバイス10Aを変位素子として使用する場合であれば、光シャッタの遮蔽板等が取り付けられ、特に、ハードディスク

ドライブの磁気ヘッドの位置決めやリング抑制機構に使用するのであれば、磁気ヘッド、磁気ヘッドを有するスライダ、スライダを有するサスペンション等の位置決めを必要とする部材が取り付けられる。

固定部 22 は、上述したように、薄板部 16 a 及び 16 b 並びに可動部 20 を
5 支持する部分であり、固定部 22 を例えば前記ハードディスクドライブの磁気ヘッドの位置決めを利用する場合には、VCM（ボイスコイルモータ）に取り付けられたキャリッジアーム、該キャリッジアームに取り付けられた固定プレート又はサスペンション等に支持固定することにより、圧電／電歪デバイス 10 A の全体が固定される。また、この固定部 22 には、図 1 に示すように、圧電／電歪素子 24 a 及び 24 b を駆動するための端子 32 及び 34、その他の部材が配置さ
10 れる場合もある。

可動部 20 及び固定部 22 を構成する材料としては、剛性を有する限りにおいて特に限定されないが、後述するセラミックグリーンシート積層法を適用できるセラミックスを好適に用いることができる。具体的には、安定化ジルコニア、部
15 分安定化ジルコニアをはじめとするジルコニア、アルミナ、マグネシア、窒化珪素、窒化アルミニウム、酸化チタンを主成分とする材料等が挙げられるほか、これらの混合物を主成分とした材料が挙げられるが、機械的強度や靱性が高い点において、ジルコニア、特に安定化ジルコニアを主成分とする材料と部分安定化ジルコニアを主成分とする材料が好ましい。また、金属材料においては、剛性を有
20 する限り、限定されないが、ステンレス鋼、ニッケル等が挙げられる。その他、エンジニアプラスチックで構成してもよい。

薄板部 16 a 及び 16 b は、上述したように、圧電／電歪素子 24 a 及び 24 b の変位により駆動する部分である。薄板部 16 a 及び 16 b は、可撓性を有する薄板状の部材であって、表面に配設された圧電／電歪素子 24 a 及び 24 b の伸縮変位を屈曲変位として増幅して、可動部 20 に伝達する機能を有する。従っ
25 て、薄板部 16 a 及び 16 b の形状や材質は、可撓性を有し、屈曲変形によって破損しない程度の機械的強度を有するものであれば足り、可動部 20 の応答性、操作性を考慮して適宜選択することができる。

薄板部16a及び16bの厚み L_d は、 $2\mu\text{m}\sim 100\mu\text{m}$ 程度とすることが好ましく、薄板部16a及び16bと圧電／電歪素子24a及び24bとを合わせた厚みは $7\mu\text{m}\sim 500\mu\text{m}$ とすることが好ましい。電極28及び30の厚みは $0.1\sim 50\mu\text{m}$ 、圧電／電歪層26の厚みは $3\sim 300\mu\text{m}$ とすることが好ましい。また、薄板部16a及び16bの幅 L_b としては、 $50\mu\text{m}\sim 2000\mu\text{m}$ が好適である。

薄板部16a及び16bを構成する材料としては、可動部20や固定部22と同様のセラミックスを好適に用いることができ、ジルコニア、中でも安定化ジルコニアを主成分とする材料と部分安定化ジルコニアを主成分とする材料は、薄肉であって機械的強度が大きいこと、靱性が高いこと、圧電／電歪層や電極材との反応性が小さいことから最も好適に用いられる。

また、金属材料で構成する場合にも、前述のとおり、可撓性を有し、屈曲変形が可能な金属材料であればよいが、好ましくは、鉄系材料としては、各種ステンレス鋼、各種バネ鋼鋼材で構成することが望ましく、非鉄系材料としては、ベリリウム銅、リン青銅、ニッケル、ニッケル鉄合金で構成することが望ましい。

前記安定化ジルコニア並びに部分安定化ジルコニアにおいては、次のように安定化並びに部分安定化されたものが好ましい。即ち、ジルコニアを安定化並びに部分安定化させる化合物としては、酸化イットリウム、酸化イッテルビウム、酸化セリウム、酸化カルシウム、及び酸化マグネシウムがあり、少なくともそのうちの1つの化合物を添加、含有させることにより、ジルコニアは部分的にあるいは完全に安定することになるが、その安定化は、1種類の化合物の添加のみならず、それら化合物を組み合わせることで添加することによっても、目的とするジルコニアの安定化は可能である。

なお、それぞれの化合物の添加量としては、酸化イットリウムや酸化イッテルビウムの場合にあっては、 $1\sim 30$ モル%、好ましくは $1.5\sim 10$ モル%、酸化セリウムの場合にあっては、 $6\sim 50$ モル%、好ましくは $8\sim 20$ モル%、酸化カルシウムや酸化マグネシウムの場合にあっては、 $5\sim 40$ モル%、好ましくは $5\sim 20$ モル%とすることが望ましいが、その中でも特に酸化イットリウムを

安定化剤として用いることが好ましく、その場合においては、1. 5～10モル%、更に好ましくは2～4モル%とすることが望ましい。また、焼結助剤等の添加物としてアルミナ、シリカ、遷移金属酸化物等を0.05～20wt%の範囲で添加することが可能であるが、圧電/電歪素子24a及び24bの形成手法として、膜形成法による焼成一体化を採用する場合は、アルミナ、マグネシア、遷移金属酸化物等を添加物として添加することも好ましい。

なお、機械的強度と安定した結晶相が得られるように、ジルコニアの平均結晶粒子径を0.05～3 μ m、好ましくは0.05～1 μ mとすることが望ましい。また、上述のように、薄板部16a及び16bについては、可動部20並びに固定部22と同様のセラミックスを用いることができるが、好ましくは、実質的に同一の材料を用いて構成することが、接合部分の信頼性、圧電/電歪デバイス10Aの強度、製造の煩雑さの低減を図る上で有利である。

圧電/電歪素子24a及び24bは、少なくとも圧電/電歪層26と、該圧電/電歪層26に電界をかけるための一对の電極28及び30を有するものであり、ユニモルフ型、バイモルフ型等の圧電/電歪素子を用いることができるが、薄板部16a及び16bとの組合せに係るユニモルフ型の方が、発生する変位量の安定性に優れ、軽量化に有利であるため、このような圧電/電歪デバイス10Aに適している。

例えば、図1に示すように、一方の電極28、圧電/電歪層26及び他方の電極30が層状に積層された圧電/電歪素子等を好適に用いることができるほか、図6～図10に示すように、多段構成にしてもよい。

前記圧電/電歪素子24a及び24bは、図1に示すように、圧電/電歪デバイス10Aの外面側に形成する方が薄板部16a及び16bをより大きく駆動させることができる点で好ましいが、使用形態などに応じて、圧電/電歪デバイス10Aの内面側、即ち、孔部12の内壁面に形成してもよく、圧電/電歪デバイス10Aの外面側、内面側の双方に形成してもよい。

圧電/電歪層26には、圧電セラミックスが好適に用いられるが、電歪セラミックスや強誘電体セラミックス、あるいは反強誘電体セラミックスを用いること

も可能である。但し、この圧電／電歪デバイス 10 A をハードディスクドライブの磁気ヘッドの位置決め等に用いる場合は、可動部 20 の変位量と駆動電圧又は出力電圧とのリニアリティが重要とされるため、歪み履歴の小さい材料を用いることが好ましく、抗電界が 10 kV/mm 以下の材料を用いることが好ましい。

- 5 具体的な材料としては、ジルコン酸鉛、チタン酸鉛、マグネシウムニオブ酸鉛、ニッケルニオブ酸鉛、亜鉛ニオブ酸鉛、マンガンニオブ酸鉛、アンチモンスズ酸鉛、マンガンタングステン酸鉛、コバルトニオブ酸鉛、チタン酸バリウム、チタン酸ナトリウムビスマス、ニオブ酸カリウムナトリウム、タンタル酸ストロンチウムビスマス等を単独で、あるいは混合物として含有するセラミックスが挙げら
10 れる。

- 特に、高い電気機械結合係数と圧電定数を有し、圧電／電歪層 26 の焼結時における薄板部（セラミックス）16 a 及び 16 b との反応性が小さく、安定した組成のものが得られる点において、ジルコン酸鉛、チタン酸鉛、及びマグネシウムニオブ酸鉛を主成分とする材料、もしくはチタン酸ナトリウムビスマスを主成分とする材料が好適に用いられる。
15

- 更に、前記材料に、ランタン、カルシウム、ストロンチウム、モリブデン、タングステン、バリウム、ニオブ、亜鉛、ニッケル、マンガン、セリウム、カドミウム、クロム、コバルト、アンチモン、鉄、イットリウム、タンタル、リチウム、ビスマス、スズ等の酸化物等を単独で、もしくは混合したセラミックスを用いて
20 もよい。

 例えば、主成分であるジルコン酸鉛とチタン酸鉛及びマグネシウムニオブ酸鉛に、ランタンやストロンチウムを含有させることにより、抗電界や圧電特性を調整することが可能となる等の利点を得られる場合がある。

- なお、シリカ等のガラス化し易い材料の添加は避けることが望ましい。なぜならば、シリカ等の材料は、圧電／電歪層の熱処理時に、圧電／電歪材料と反応し
25 易く、その組成を変動させ、圧電特性を劣化させるからである。

 一方、圧電／電歪素子 24 a 及び 24 b の一対の電極 28 及び 30 は、室温で固体であり、導電性に優れた金属で構成されていることが好ましく、例えばアル

- ミニウム、チタン、クロム、鉄、コバルト、ニッケル、銅、亜鉛、ニオブ、モリブデン、ルテニウム、パラジウム、ロジウム、銀、スズ、タンタル、タングステン、イリジウム、白金、金、鉛等の金属単体、もしくはこれらの合金が用いられ、更に、これらに圧電／電歪層 26 及び／又は薄板部 16 a 及び 16 b と同じ材料
- 5 を分散させたサーメット材料を用いてもよい。

- 圧電／電歪素子 24 a 及び 24 b における電極 28 及び 30 の材料選定は、圧電／電歪層 26 の形成方法に依存して決定される。例えば薄板部 16 a 及び 16 b 上に一方の電極 28 を形成した後、該一方の電極 28 上に圧電／電歪層 26 を焼成により形成する場合は、一方の電極 28 には、圧電／電歪層 26 の焼成温度
- 10 においても変化しない白金、パラジウム、白金－パラジウム合金、銀－パラジウム合金、金－パラジウム合金等の高融点金属を使用する必要があるが、圧電／電歪層 26 を形成した後に、該圧電／電歪層 26 上に形成される他方の電極 30 は、低温で電極形成を行うことができるため、アルミニウム、金、銀等の低融点金属を使用することができる。

- 15 また、電極 28 及び 30 の厚みは、少なからず圧電／電歪素子 24 a 及び 24 b の変位を低下させる要因ともなるため、特に圧電／電歪層 26 の焼成後に形成される電極には、焼成後に緻密でより薄い膜が得られる有機金属ペースト、例えば金レジネートペースト、白金レジネートペースト、銀レジネートペースト等の材料を用いることが好ましい。

- 20 次に、第 1 の実施の形態に係る圧電／電歪デバイス 10 A の製造方法を図 17 A ～ 図 19 を参照しながら説明する。

- この第 1 の実施の形態に係る圧電／電歪デバイス 10 A は、各部材の構成材料をセラミックスとし、圧電／電歪デバイス 10 A の構成要素として、圧電／電歪素子 24 a 及び 24 b を除く基体 14、即ち、薄板部 16 a 及び 16 b、固定部
- 25 22 及び可動部 20 についてはセラミックグリーンシート積層法を用いて製造することが好ましく、一方、圧電／電歪素子 24 a 及び 24 b をはじめとして、各端子 32 及び 34 については、薄膜や厚膜等の膜形成手法を用いて製造することが好ましい。

圧電／電歪デバイス 10 A の基体 14 における各部材を一体的に成形することが可能なセラミックグリーンシート積層法によれば、各部材の接合部の経時的な状態変化がほとんど生じないため、接合部位の信頼性が高く、かつ、剛性確保に有利な方法である。

- 5 この第 1 の実施の形態に係る圧電／電歪デバイス 10 A では、薄板部 16 a 及び 16 b と固定部 22 との境界部分（接合部分）並びに薄板部 16 a 及び 16 b と可動部 20 との境界部分（接合部分）は、変位発現の支点となるため、接合部分の信頼性は圧電／電歪デバイス 10 A の特性を左右する重要なポイントである。

- 10 また、以下に示す製造方法は、生産性や成形性に優れるため、所定形状の圧電／電歪デバイスを短時間に、かつ、再現性よく得ることができる。

- 15 以下、具体的に第 1 の実施の形態に係る圧電／電歪デバイス 10 A の製造方法について説明する。ここで、定義付けをしておく。セラミックグリーンシートを積層して得られた積層体をセラミックグリーン積層体 58（例えば図 17 B 参照）と定義し、このセラミックグリーン積層体 58 を焼成して一体化したものをセラミック積層体 60（例えば図 18 参照）と定義し、このセラミック積層体 60 から不要な部分を切除して可動部 20、薄板部 16 a 及び 16 b 並びに固定部 22 が一体化されたものをセラミック基体 14 C（図 19 参照）と定義する。

- 20 また、この製造方法においては、最終的にセラミック積層体 60 をチップ単位に切断して、圧電／電歪デバイス 10 A を多数個取りするものであるが、説明を簡単にするために、圧電／電歪デバイス 10 A の 1 個取りを主体にして説明する。

まず、ジルコニア等のセラミック粉末にバインダ、溶剤、分散剤、可塑剤等を添加混合してスラリーを作製し、これを脱泡処理後、リバースロールコーター法、ドクターブレード法等の方法により、所定の厚みを有するセラミックグリーンシートを作製する。

- 25 次に、金型を用いた打抜加工やレーザ加工等の方法により、セラミックグリーンシートを図 17 A のような種々の形状に加工して、複数枚の基体形成用のセラミックグリーンシート 50 A ～ 50 D、52 A 及び 52 B、56 を得る。

これらセラミックグリーンシート 50 A ～ 50 D、52 A 及び 52 B、56 は、

少なくとも後に孔部 12 を形成する窓部 54 が形成された複数枚（例えば 4 枚）のセラミックグリーンシート 50A～50D と、後に梁部 40 となる例えば 1 枚のセラミックグリーンシート 56 と、後に薄板部 16a 及び 16b となる複数枚（例えば 2 枚）のセラミックグリーンシート 52A 及び 52B とを有する。なお、

5 セラミックグリーンシートの枚数は、あくまでも一例である。

その後、図 17B に示すように、セラミックグリーンシート 52A 及び 52B でセラミックグリーンシート 50A～50D 及び 56 を挟み込むようにして、かつ、セラミックグリーンシート 56 が中央に位置するように、これらセラミックグリーンシート 50A～50D、52A 及び 52B、56 を積層・圧着して、セ
10 ラミックグリーン積層体 58 とした後、該セラミックグリーン積層体 58 を焼成してセラミック積層体 60（図 18 参照）を得る。

なお、積層一体化のための圧着回数や順序は限定されない。構造に応じて、例えば窓部 54 の形状、セラミックグリーンシートの枚数等により所望の構造を得るように適宜決めることができる。

15 窓部 54 の形状は、すべて同一である必要はなく、所望の機能に応じて決定することができる。また、セラミックグリーンシートの枚数、各セラミックグリーンシートの厚みも特に限定されない。

圧着は、熱を加えることで、より積層性を向上させることができる。また、セラミック粉末（セラミックグリーンシートに使用されたセラミックスと同一又は類似した組成であると、信頼性確保の点で好ましい）、バインダを主体としたベ
20 ースト、スラリー等をセラミックグリーンシート上に塗布、印刷して、接合補助層とすることで、セラミックグリーンシート界面の積層性を向上させることができる。なお、セラミックグリーンシート 52A 及び 52B の厚みが薄い場合には、プラスチックフィルム、中でも表面にシリコン系の離型剤をコーティングした
25 ポリエチレンテレフタレートフィルムを用いて取り扱うことが好ましい。

次に、図 18 に示すように、前記セラミック積層体 60 の両表面、即ち、セラミックグリーンシート 52A 及び 52B が積層された表面に相当する表面にそれ

4 b の形成法としては、スクリーン印刷法、ディッピング法、塗布法、電気泳動法等の厚膜形成法や、イオンビーム法、スパッタリング法、真空蒸着、イオンプレーティング法、化学気相成長法 (CVD)、めっき等の薄膜形成法を用いることができる。

- 5 このような膜形成法を用いて圧電／電歪素子 2 4 a 及び 2 4 b を形成することにより、接着剤を用いることなく、圧電／電歪素子 2 4 a 及び 2 4 b と薄板部 1 6 a 及び 1 6 b とを一体的に接合、配設することができ、信頼性、再現性を確保できると共に、集積化を容易にすることができる。

- 10 この場合、厚膜形成法により圧電／電歪素子 2 4 a 及び 2 4 b を形成することが好ましい。特に、圧電／電歪層 2 6 の形成において厚膜形成法を用いれば、平均粒径 0.01 ~ 5 μm 、好ましくは 0.05 ~ 3 μm の圧電セラミックスの粒子、粉末を主成分とするペーストやスラリー、又はサスペンションやエマルジョン、ゾル等を用いて膜化することができ、それを焼成することによって良好な圧電／電歪特性を得ることができるからである。

- 15 なお、電気泳動法は、膜を高い密度で、かつ、高い形状精度で形成することができるという利点がある。また、スクリーン印刷法は、膜形成とパターン形成とを同時にできるため、製造工程の簡略化に有利である。

- 20 具体的に、圧電／電歪素子 2 4 a 及び 2 4 b の形成について説明する。まず、セラミックグリーン積層体 5 8 を 1200℃ ~ 1600℃ の温度で焼成、一体化してセラミック積層体 6 0 を得た後、該セラミック積層体 6 0 の両表面の所定位置に一方の電極 2 8 を印刷、焼成し、次いで、圧電／電歪層 2 6 を印刷、焼成し、更に、他方の電極 3 0 を印刷、焼成して圧電／電歪素子 2 4 a 及び 2 4 b を形成する。その後、各電極 2 8 及び 3 0 を駆動回路に電氣的に接続するための端子 3 2 及び 3 4 を印刷、焼成する。

- 25 ここで、一方の電極 2 8 として白金 (Pt)、圧電／電歪層 2 6 としてジルコニウム酸チタン酸鉛 (PZT)、他方の電極 3 0 として金 (Au)、更に、端子 3 2 及び 3 4 として銀 (Ag) というように、各部材の焼成温度が積層順に従って低

れた材料の再焼結が起こらず、電極材等の剥離や凝集を回避することができる。

なお、適当な材料を選択することにより、圧電／電歪素子 24 a 及び 24 b の各材料と端子 32 及び 34 を逐次印刷して、1 回で一体焼成することも可能である。

また、圧電／電歪層 26 を形成した後に低温で各電極 30 等を設けることもできる。

また、圧電／電歪素子 24 a 及び 24 b の各部位と端子 32 及び 34 は、スパッタ法等の薄膜形成法によって形成してもよく、この場合には、必ずしもニッケルグリーン積層膜を形成する必要はない。

ニニツクグリーン積層

ッタ法
 も熱処理を必要としない。
 圧電/電歪素子24a及び24bの形成においては、セラミッ
 10 体58の両表面、即ち、セラミックグリーンシート52A及び52Bの各表面に
 予め圧電/電歪素子24a及び24bを形成しておき、該セラミックグリーン積
 層体58と圧電/電歪素子24a及び24bとを同時に焼成することも好ましく
 行われる。同時に、セラミックグリーン積層体58と圧電/電歪
 素子24a及び24bのすべての構成膜に対して焼成を行うようにしてもよく、
 15 一方の電極28とセラミックグリーン積層体58とを同時焼成したり、他方の電
 極30を除く他の構成膜とセラミックグリーン積層体58とを同時焼成する方法
 a及び24bとセラミックグリーン積層体58とを同時焼成
 原料を用いたテープ成形法等によって圧電/電歪素子26の前駆体をセラミッ

15 素子24a及びセラミックグリーン積層体58とを同時焼成する一方の電極28と電極30を除く他の積層体等が挙げられる。

圧電/電歪素子24a及び24bとセラミックグリーン積層体58とを同時焼成するスラリー原料を用いたテープ成形法等によって圧電/電歪素子24a及び24bとセラミックグリーン積層体58とを同時焼成する。この焼成前の圧電/電歪層26の前駆体をセラミックグリーン積層体58とを同時に焼成して可動部20、固定部22とを同時に作製する。

、この焼成前の圧電／電歪層 26 の前駆体を
ーに熱圧着等で積層し、同時に焼成して可動部 20、
部 22 とを同時に作製する方
ニミック

同時に焼成することが挙げられる。

- 圧電／電歪素子 2 4 a 及び 2 4 b の構成膜の焼成温度は、これを構成する材料によって適宜決定されるが、一般には、5 0 0 ℃～1 5 0 0 ℃であり、圧電／電歪層 2 6 に対しては、好ましくは 1 0 0 0 ℃～1 4 0 0 ℃である。この場合、圧電／電歪層 2 6 の組成を制御するためには、圧電／電歪層 2 6 の材料の蒸発源の存在下に焼結することが好ましい。なお、圧電／電歪層 2 6 とセラミックグリーン積層体 5 8 を同時焼成する場合には、両者の焼成条件を合わせることが必要である。圧電／電歪素子 2 4 a 及び 2 4 b は、必ずしもセラミック積層体 6 0 もしくはセラミックグリーン積層体 5 8 の両面に形成されるものではなく、片面のみでももちろんよい。

- 次に、上述のようにして、圧電／電歪素子 2 4 a 及び 2 4 b が形成されたセラミック積層体 6 0 のうち、不要な部分を切除する。切除する位置は、セラミック積層体 6 0 の側部、特に、該切除によってセラミック積層体 6 0 の側面に窓部 5 4 による孔部 1 2 が形成される箇所（切断線 C 1 及び C 2 参照）である。
- 切除の方法としては、ダイシング加工、スライシング加工、ワイヤソー加工等の機械加工のほか、YAG レーザ、エキシマレーザ等のレーザ加工や電子ビーム加工を適用することが可能である。

- この切除によって、図 1 9 に示すように、セラミック基体 1 4 C に圧電／電歪素子 2 4 a 及び 2 4 b が形成され、かつ、可動部 2 0 の内壁 2 0 a から固定部 2 2 の内壁 2 2 a にかけて 1 つの梁部 4 0 が形成された圧電／電歪デバイス 1 0 A を得る。

- この製造方法においては、セラミック積層体 6 0 から不要な部分を切除したと同時に、セラミック基体 1 4 C に圧電／電歪素子 2 4 a 及び 2 4 b が形成され、かつ、可動部 2 0 の内壁 2 0 a から固定部 2 2 の内壁 2 2 a にかけて 1 つの梁部 4 0 が形成された圧電／電歪デバイス 1 0 A を得ることができるため、製造工程の簡略化を図ることができると共に、圧電／電歪デバイス 1 0 A の歩留まりを向上させることができる。

次に、第 2 の実施の形態に係る圧電／電歪デバイス 1 0 B について図 2 0 を参

照しながら説明する。第1の実施の形態に係る圧電／電歪デバイス10A並びに各種変形例10Aa～10Ajと対応する部材については同符号を付してその重複説明を省略する。

この第2の実施の形態に係る圧電／電歪デバイス10Bは、図20に示すように、第1の実施の形態に係る圧電／電歪デバイス10Aとほぼ同様の構成を有するが、2つの梁部40a及び40bが設けられている点と、圧電／電歪素子24a及び24bを構成する一方の電極28がL字状の接続電極70を介して固定部22の前面に形成された一方の端子32に導出されて、共通化されている点と、他方の電極30が固定部22の側面に形成された他方の端子34に導出されている点で異なる。

2つの梁部40a及び40bが設けられていることから、第1の実施の形態に係る圧電／電歪デバイス10Aよりも剛性が向上し、高共振周波数化に有利となる。

なお、第1の実施の形態に係る圧電／電歪デバイス10Aの端子構造と第2の実施の形態に係る圧電／電歪デバイス10Bの端子構造のいずれを採用するかについては、各端子32及び34に接続される駆動回路に応じて適宜選択すればよい。

次に、第3の実施の形態に係る圧電／電歪デバイス10Cについて図21を参照しながら説明する。

この第3の実施の形態に係る圧電／電歪デバイス10Cは、図21に示すように、第1の実施の形態に係る圧電／電歪デバイス10Aとほぼ同様の構成を有するが、可動部20に取り付けられる電子部品（図示せず）と、固定部22がセットされる電子回路等とを電氣的に接続するための導体パターンが基体14の内部に形成されている点で異なる。

導体パターンは、例えば可動部20の前面に露出するように形成された取出し電極72と、固定部22の前面に露出するように形成された取出し電極74と、梁部40の側面に沿って配線形成され、これら取出し電極72及び74を電氣的に接続する導体パターン本体76とを有する。

換言すれば、梁部 40 を設けることによって、可動部 20 に取り付けられる電子部品と、固定部 22 がセットされる電子回路等とを電氣的に接続するための導線を圧電／電歪デバイス 10 C の外部で引き回し配線する必要がなく、導体パターンとして圧電／電歪デバイス 10 C の内部を通じて配線することができ、配線工程の簡略化並びに圧電／電歪デバイス 10 C を用いた電子部品のコンパクト化を図ることができる。

上述の例では、一对の薄板部 16 a 及び 16 b に圧電／電歪素子 24 a 及び 24 b を形成した例を示したが、その他、図 22 に示す第 4 の実施の形態に係る圧電／電歪デバイス 10 D のように、一方の薄板部 16 a に圧電／電歪素子 24 a を形成するようにしてもよい。

このように、相対向する一对の薄板部 16 a 及び 16 b の片側の薄板部 16 a のみに圧電／電歪素子 24 a を形成した圧電／電歪デバイス 10 D は、圧電／電歪素子 24 b が形成されていない薄板部 16 b の剛性を小さくすることができる。

その結果、両側に圧電／電歪素子 24 a 及び 24 b が形成されている圧電／電歪デバイス（例えば圧電／電歪デバイス 10 A g）と、片側のみに圧電／電歪素子 24 a が形成された圧電／電歪デバイス 10 D とを、1 つの圧電／電歪素子 24 a を駆動して得られる変位の大きさを比較すると、片側のみに圧電／電歪素子 24 a が形成された圧電／電歪デバイス 10 D の方が、対向する側の薄板部 16 b の剛性が低いという効果から、より大きな変位が得られるという特徴がある。

上述した種々の圧電／電歪デバイスによれば、各種トランスデューサ、各種アクチュエータ、周波数領域機能部品（フィルタ）、トランス、通信用や動力用の振動子や共振子、発振子、ディスクリミネータ等の能動素子のほか、超音波センサや加速度センサ、角速度センサや衝撃センサ、質量センサ等の各種センサ用のセンサ素子として利用することができ、特に、光学機器、精密機器等の各種精密部品等の変位や位置決め調整、角度調整の機構に用いられる各種アクチュエータに好適に利用することができる。

なお、この発明に係る圧電／電歪デバイス及びその製造方法は、上述の実施の形態に限らず、この発明の要旨を逸脱することなく、種々の構成を採り得ること

WO 01/26166

PCT/JP00/06746

-33-

はもちろんである。

請求の範囲

1. 相対向する一对の薄板部(16a,16b)と、可動部(20)と、これら薄板部(16a,16b)と可動部(20)を支持する固定部(22)とを具備し、
- 5 前記一对の薄板部(16a,16b)のうち、少なくとも1つの薄板部(16a,16b)に1以上の圧電／電歪素子(24a,24b)が配設され、
前記一对の薄板部(16a,16b)の両内壁と前記可動部(20)の内壁(20a)と前記固定部(22)の内壁(22a)とにより孔部(12)が形成された圧電／電歪デバイスであって、
- 10 前記可動部(20)の内壁(20a)から前記固定部(22)の内壁(22a)にかけて設けられた少なくとも1つの梁部(40)を有することを特徴とする圧電／電歪デバイス。
2. 請求項1記載の圧電／電歪デバイスにおいて、
- 15 前記薄板部(16a,16b)のうち、前記圧電／電歪素子(24a,24b)が形成される面を、前記薄板部(16a,16b)の側面と定義し、
前記薄板部(16a,16b)における側面の短辺方向の距離を前記薄板部(16a,16b)の幅と定義したとき、
前記梁部(40)の幅が、前記薄板部(16a,16b)の幅の1/5以上であることを
- 20 特徴とする圧電／電歪デバイス。
3. 請求項1又は2記載の圧電／電歪デバイスにおいて、
前記薄板部(16a,16b)のうち、前記圧電／電歪素子(24a,24b)が形成される面を、前記薄板部(16a,16b)の側面と定義し、
- 25 前記薄板部(16a,16b)における側面の長辺方向の距離を前記薄板部(16a,16b)の長さ L_e と定義したとき、
前記薄板部(16a,16b)の長さ L_e と前記梁部(40)の全厚み T_b との比率(L_e/T_b)が、5以上、200以下であることを特徴とする圧電／電歪デバイス。

4. 請求項1～3のいずれか1項に記載の圧電／電歪デバイスにおいて、

前記薄板部(16a,16b)と前記可動部(20)と前記固定部(22)は、セラミック
グリーン積層体(58)を同時焼成することによって一体化し、更に不要な部分を
5 切除してなるセラミック基体(14c)で構成されていることを特徴とする圧電／電
歪デバイス。

5. 請求項4記載の圧電／電歪デバイスにおいて、

前記圧電／電歪素子(24a,24b)は膜状であって、焼成によって前記セラミッ
ク基体(14c)に一体化されていることを特徴とする圧電／電歪デバイス。
10

6. 請求項1～5のいずれか1項に記載の圧電／電歪デバイスにおいて、

前記圧電／電歪素子(24a,24b)は、

圧電／電歪層(26)と、該圧電／電歪層(26)に形成された一対の電極(28,30)
15 とを有することを特徴とする圧電／電歪デバイス。

7. 請求項6記載の圧電／電歪デバイスにおいて、

前記圧電／電歪素子(24a,24b)は、

前記圧電／電歪層(26)と前記一対の電極(28,30)が複数の積層形態で構成さ
20 れていることを特徴とする圧電／電歪デバイス。

8. 請求項1～7のいずれか1項に記載の圧電／電歪デバイスにおいて、

前記孔部(12)にゲル状の材料が充填されていることを特徴とする圧電／電歪
デバイス。

25

9. 相対向する一対の薄板部(16a,16b)と、可動部(20)と、これら薄板部
(16a,16b)と可動部(20)を支持する固定部(22)とを具備し、

1 以上の圧電／電歪素子(24a, 24b)が配設され、

前記一对の薄板部(16a, 16b)の両内壁と前記可動部(20)の内壁(20a)と前記固定部(22)の内壁(22a)とにより孔部(12)が形成された圧電／電歪デバイスの製造方法であって、

- 5 少なくとも前記薄板部(16a, 16b)上に前記圧電／電歪素子(24a, 24b)を作製した後に、所定部位を切除して、前記可動部(20)の内壁(20a)から前記固定部(22)の内壁(22a)にかけて少なくとも1つの梁部(40)が設けられた圧電／電歪デバイスを作製することを特徴とする圧電／電歪デバイスの製造方法。

- 10 10. 相対向する一对の薄板部(16a, 16b)と、可動部(20)と、これら薄板部(16a, 16b)と可動部(20)を支持する固定部(22)とを具備し、

前記一对の薄板部(16a, 16b)のうち、少なくとも1つの薄板部(16a, 16b)に1以上の圧電／電歪素子(24a, 24b)が配設され、

- 15 前記一对の薄板部(16a, 16b)の両内壁と前記可動部(20)の内壁(20a)と前記固定部(22)の内壁(22a)とにより孔部(12)が形成された圧電／電歪デバイスの製造方法であって、

- 20 少なくとも後に少なくとも前記孔部(12)と1つ以上の梁部(40)を形成するための窓部(54)を有するセラミックグリーンシート(50A~50D)と、後に前記薄板部(16a, 16b)となるセラミックグリーンシート(52A, 52B)とを含むセラミックグリーン積層体(58)を一体焼成して、セラミック積層体(60)を作製するセラミック積層体作製工程と、

前記セラミック積層体(60)のうち、前記薄板部(16a, 16b)となる部分の外表面に前記圧電／電歪素子(24a, 24b)を形成する工程と、

- 25 前記圧電／電歪素子(24a, 24b)が形成されたセラミック積層体(60)に対する少なくとも1回の切除処理によって、前記可動部(20)の内壁(20a)から前記固定部(22)の内壁(22a)にかけて設けられた少なくとも1つの梁部(40)を有する圧電／電歪デバイスを作製する切除工程とを含むことを特徴とする圧電／電歪デバイスの製造方法。

FIG. 1

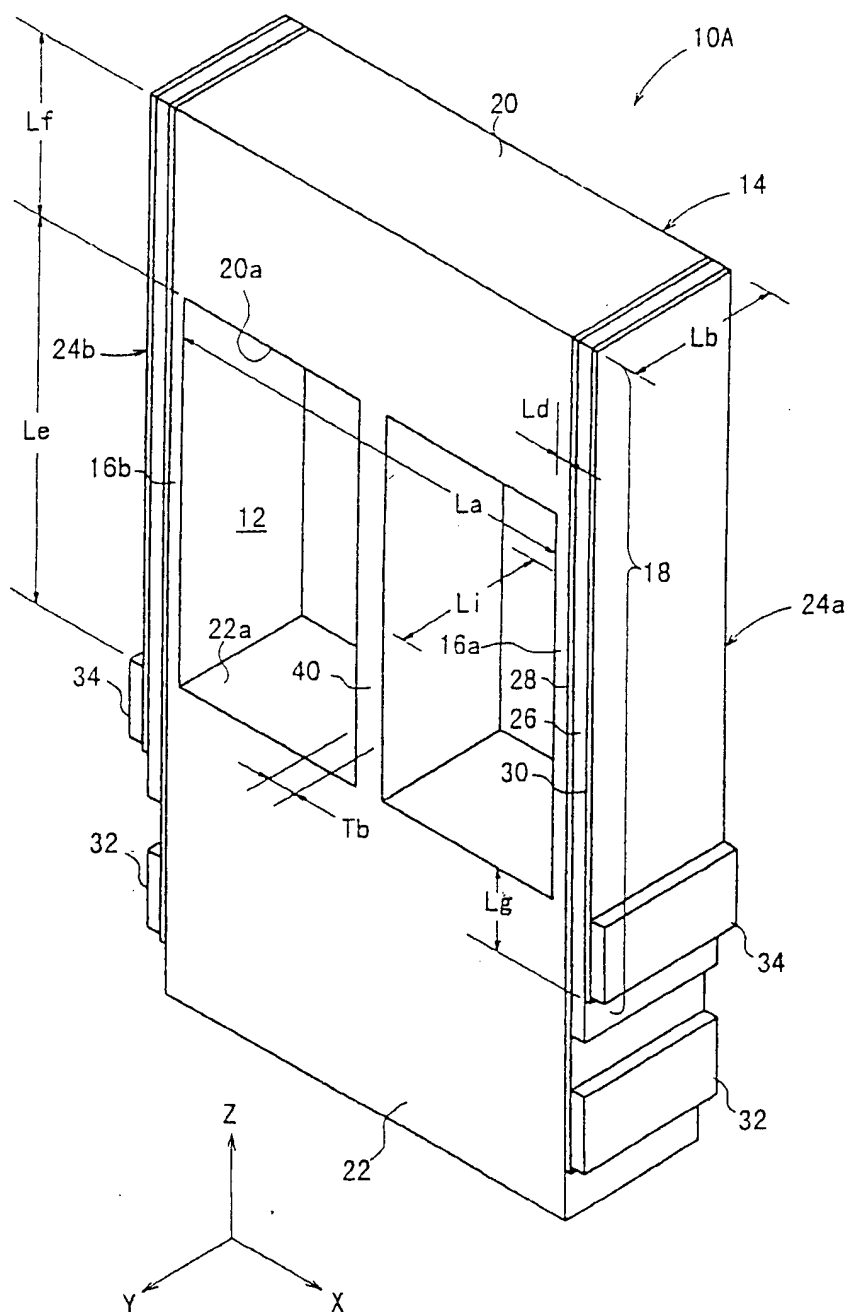


FIG. 2

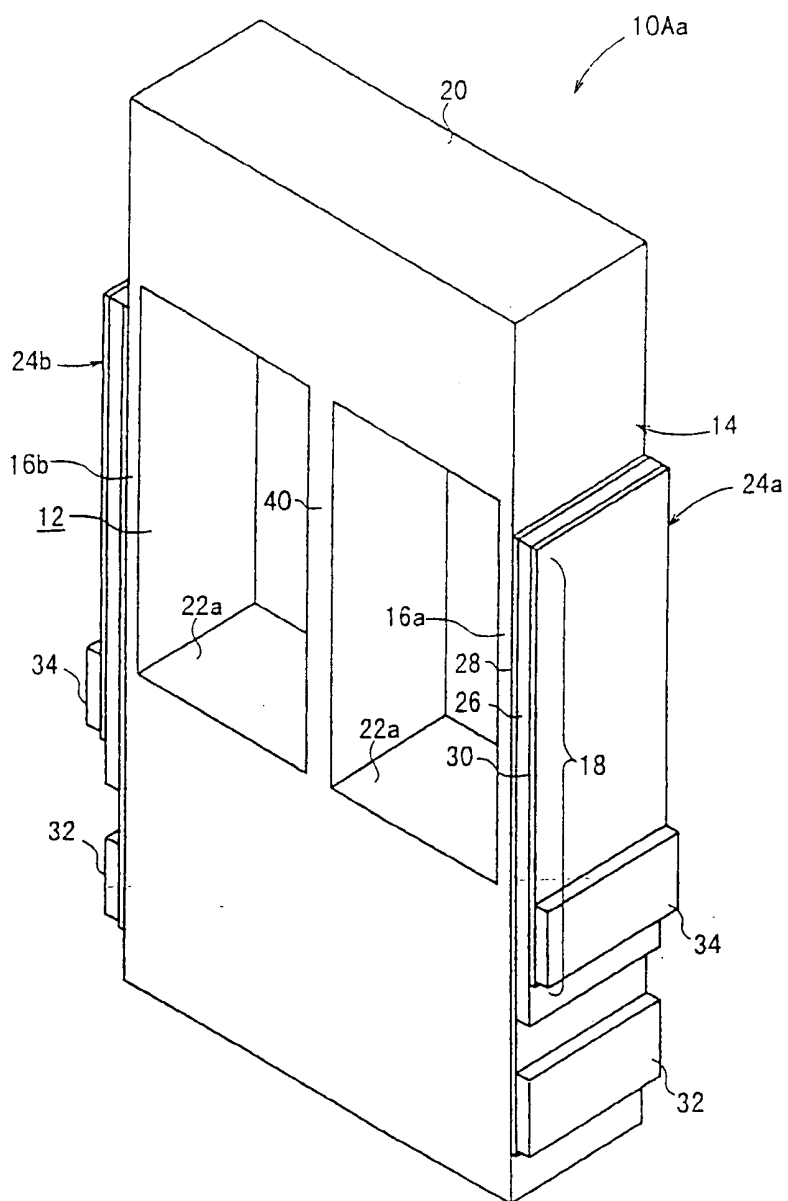


FIG. 3

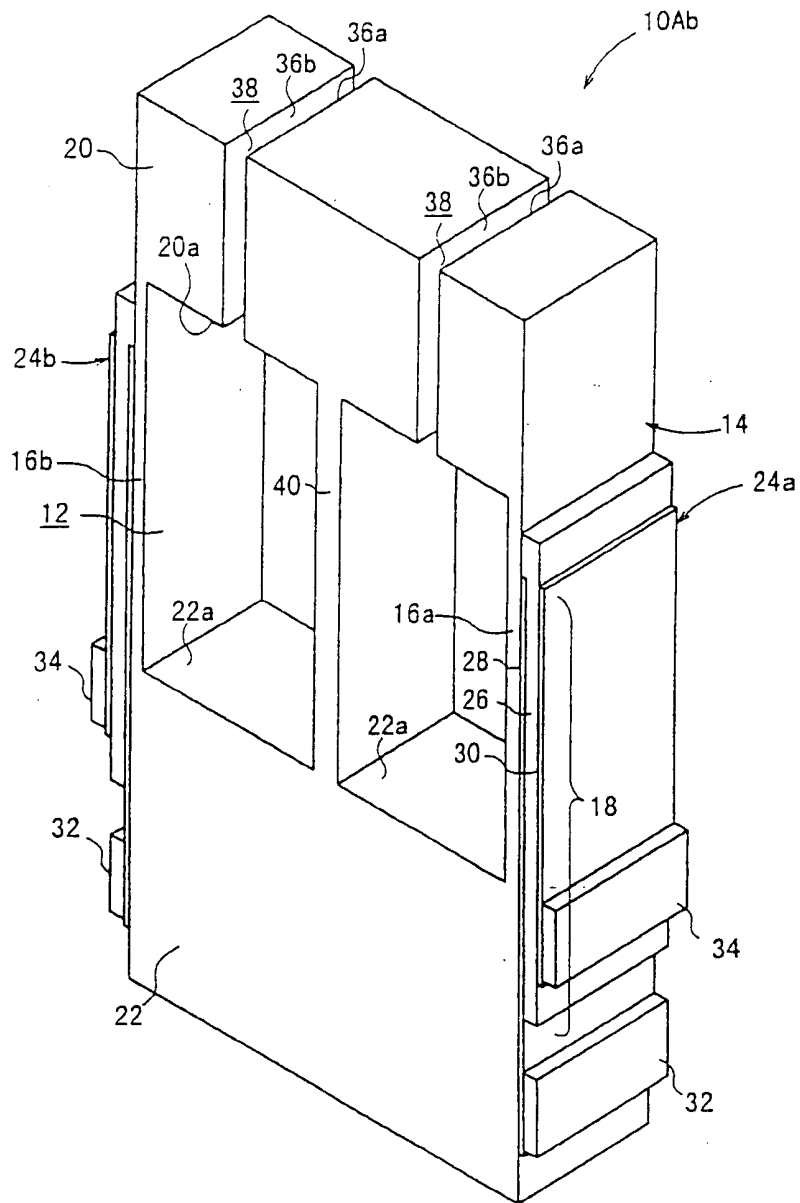


FIG. 4

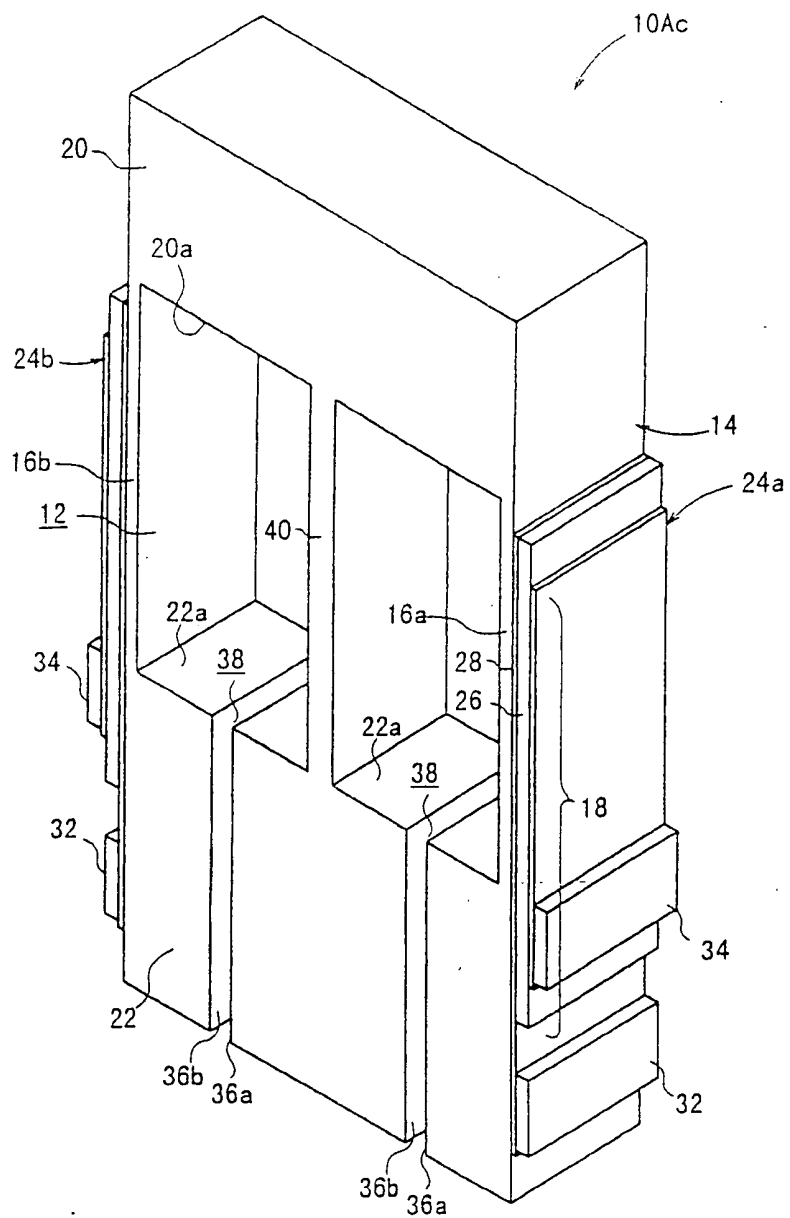
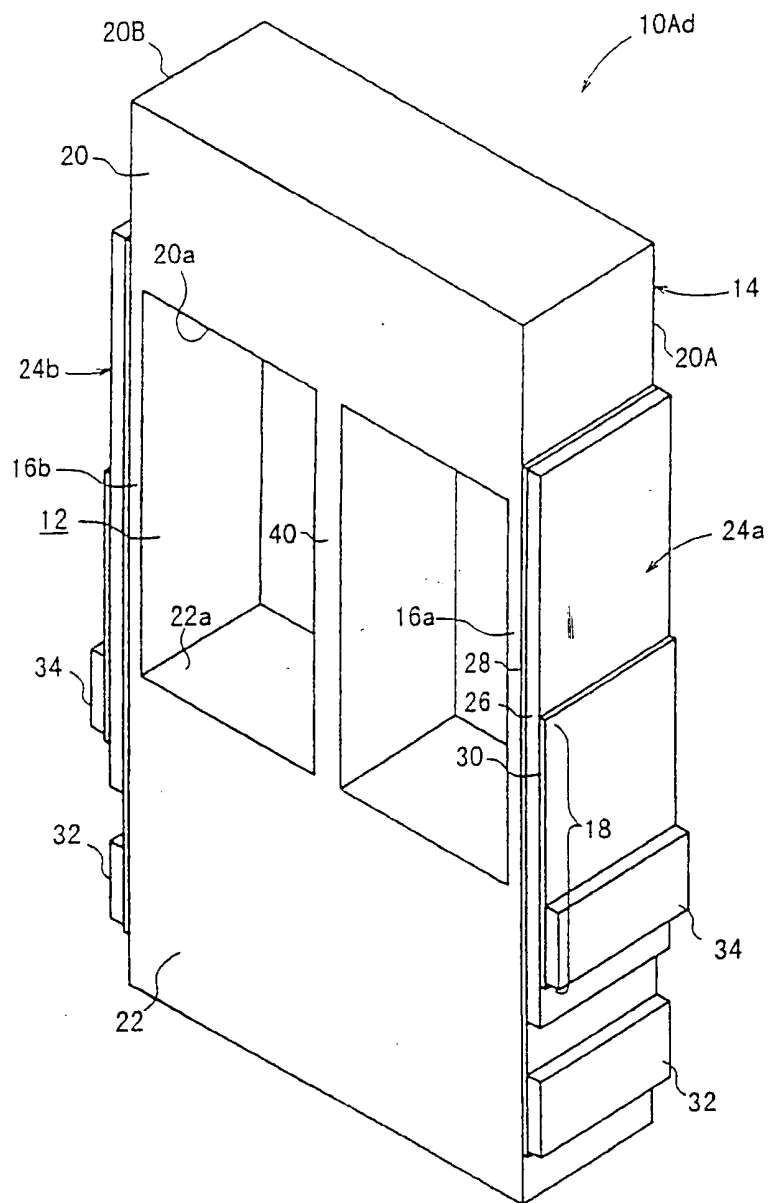


FIG. 5



6/23

FIG. 6

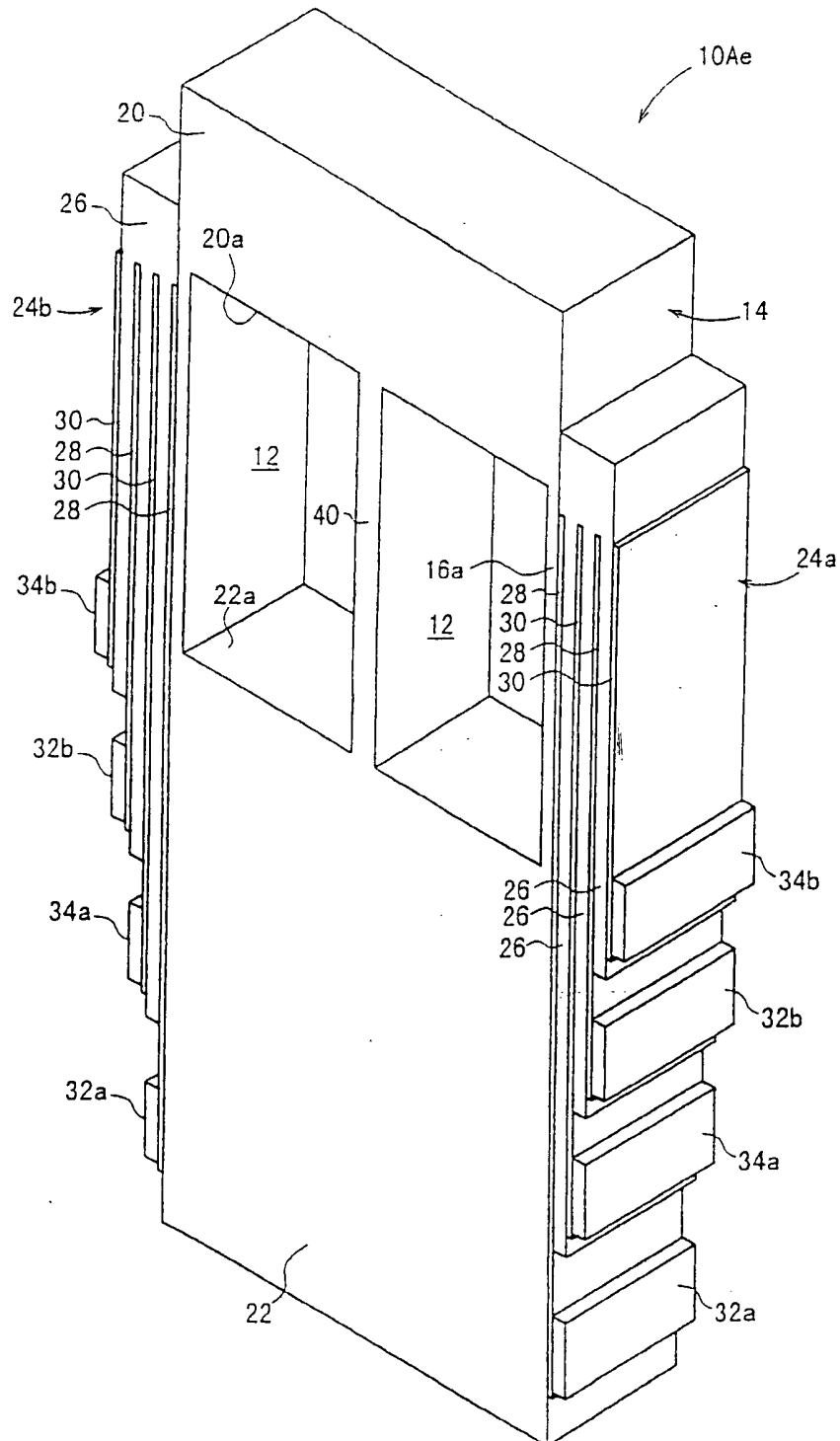
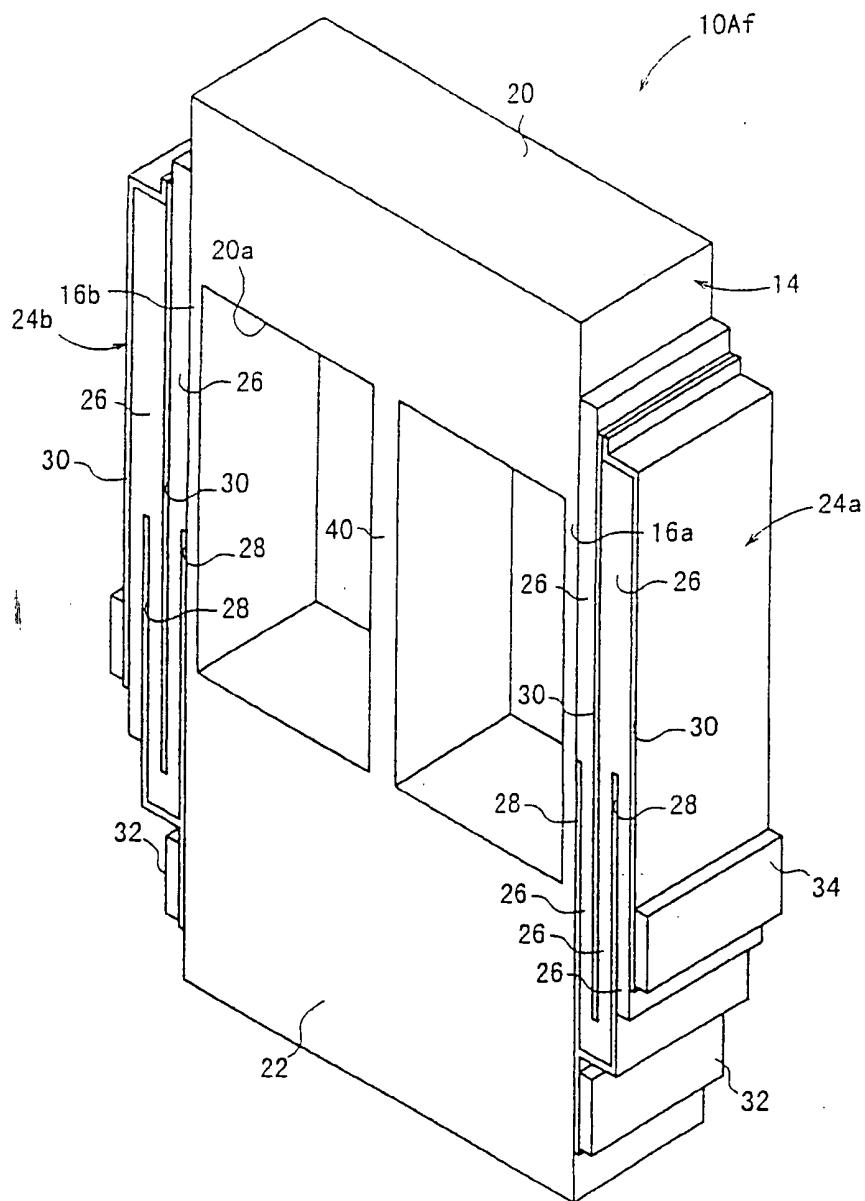
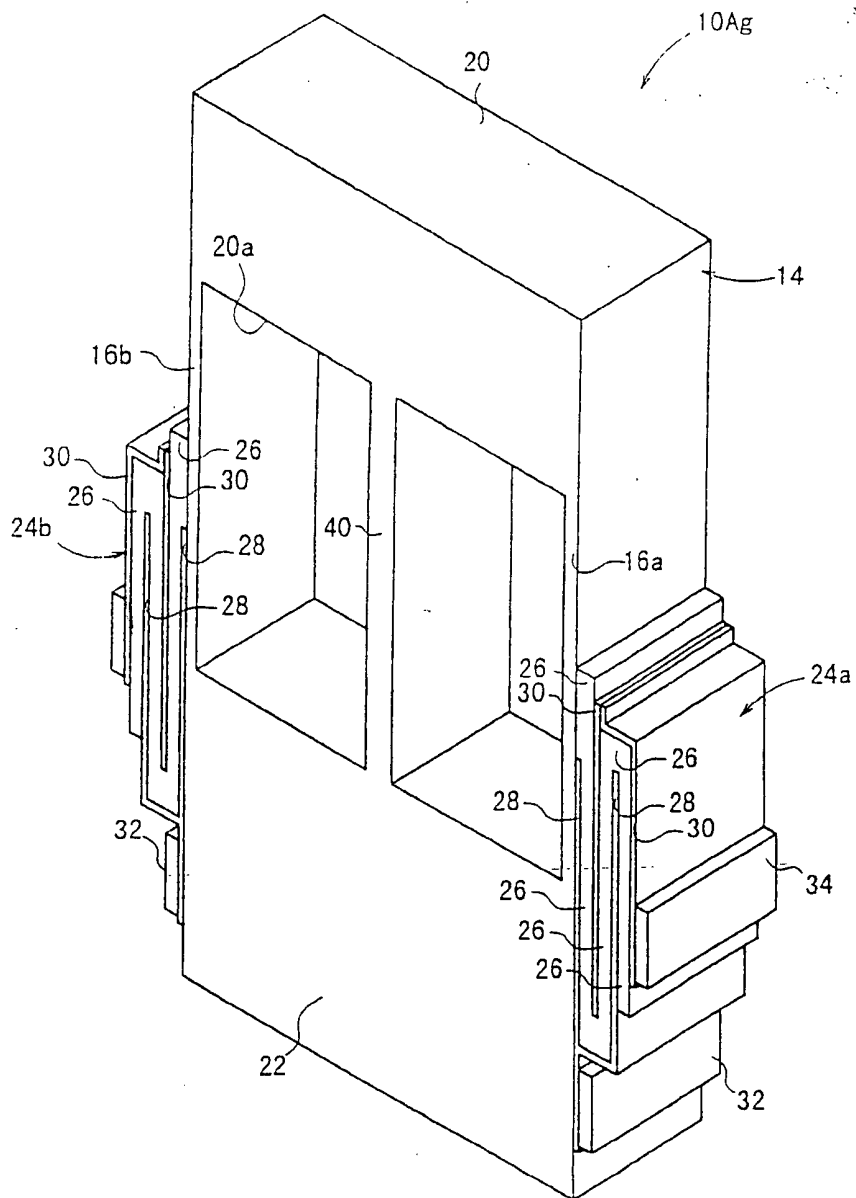


FIG. 7



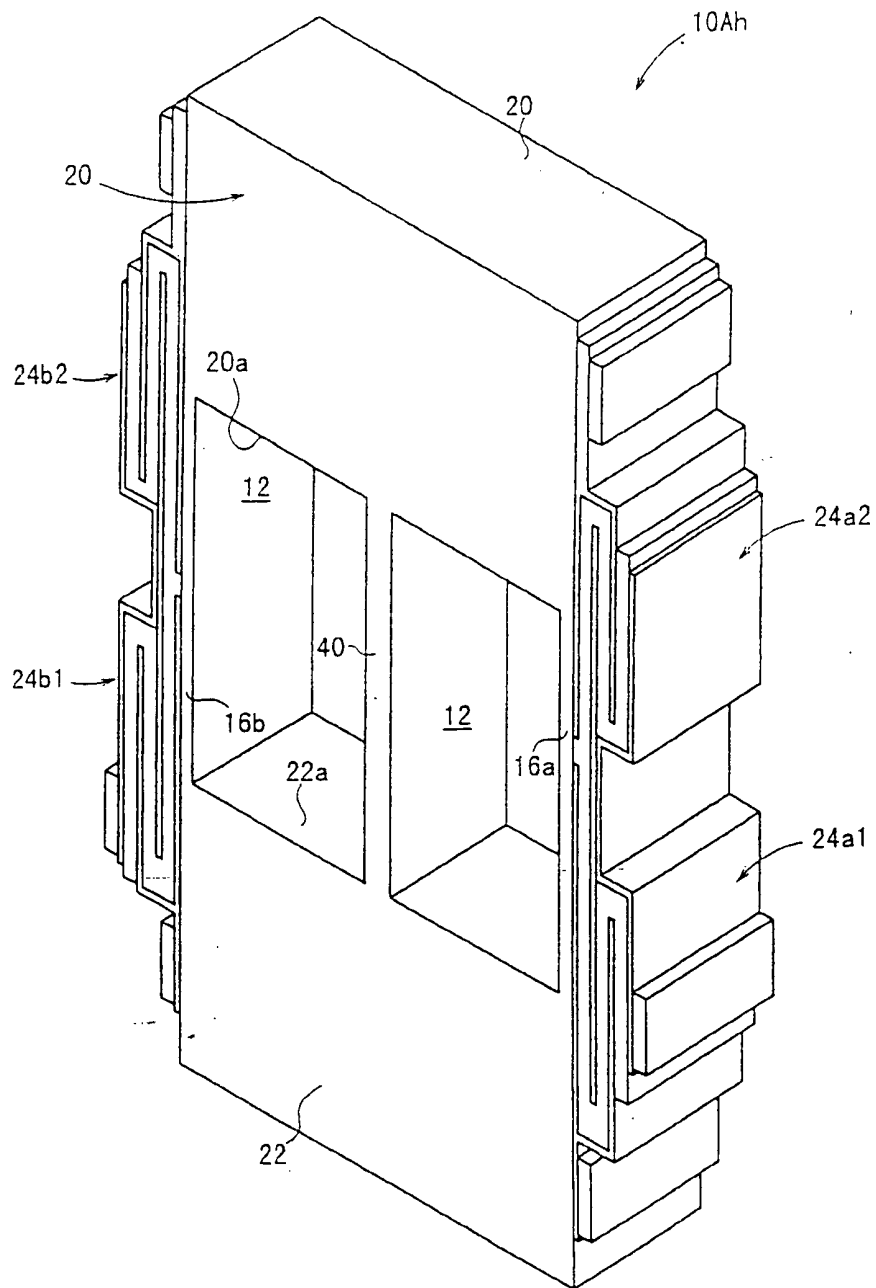
8/23

FIG. 8



9/23

FIG. 9



10/23

FIG. 10

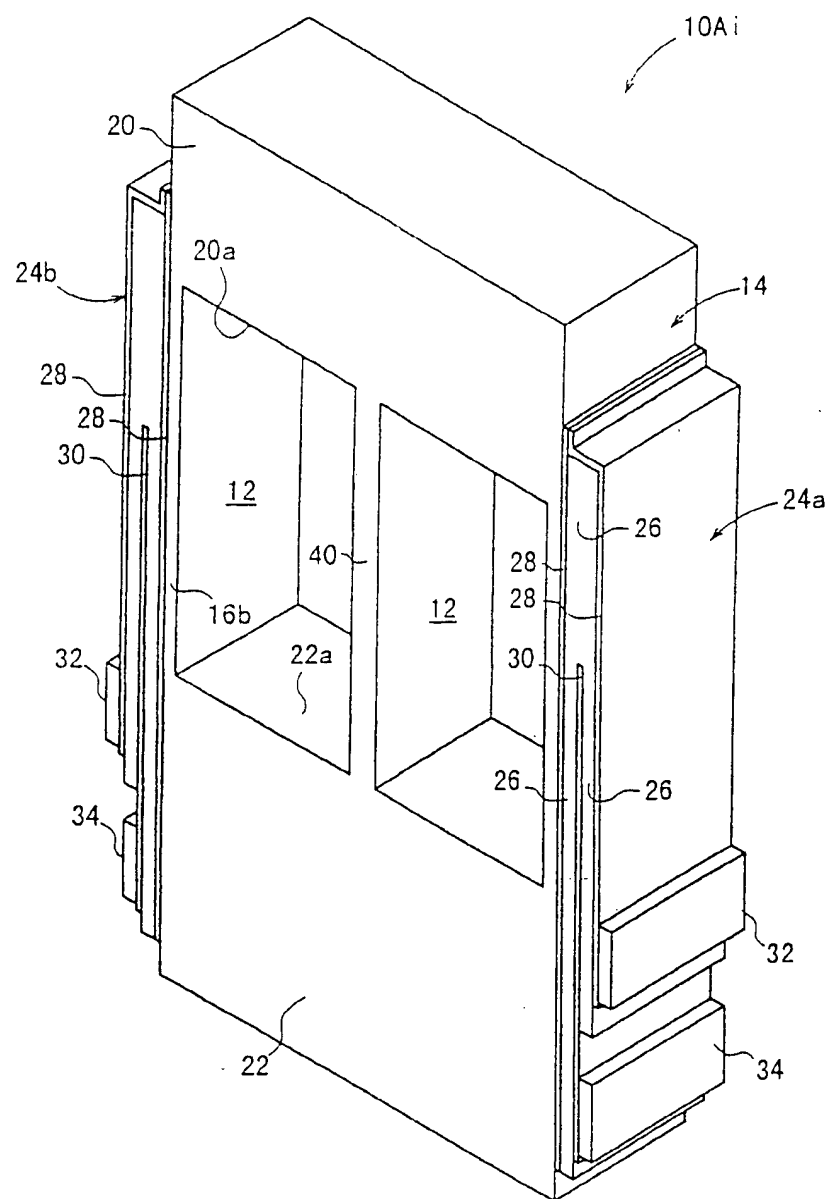


FIG. 11

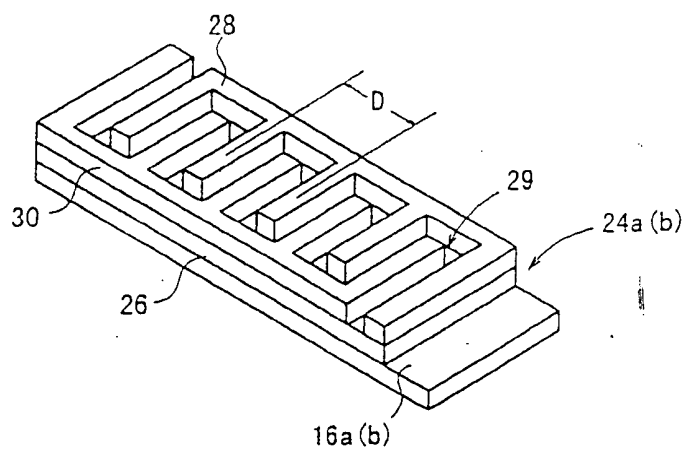


FIG. 12

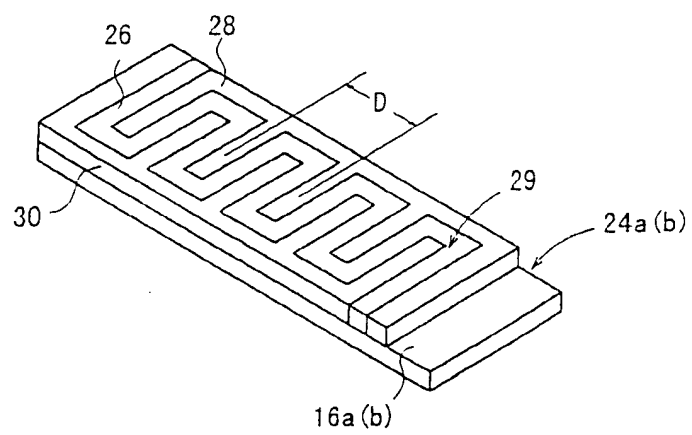
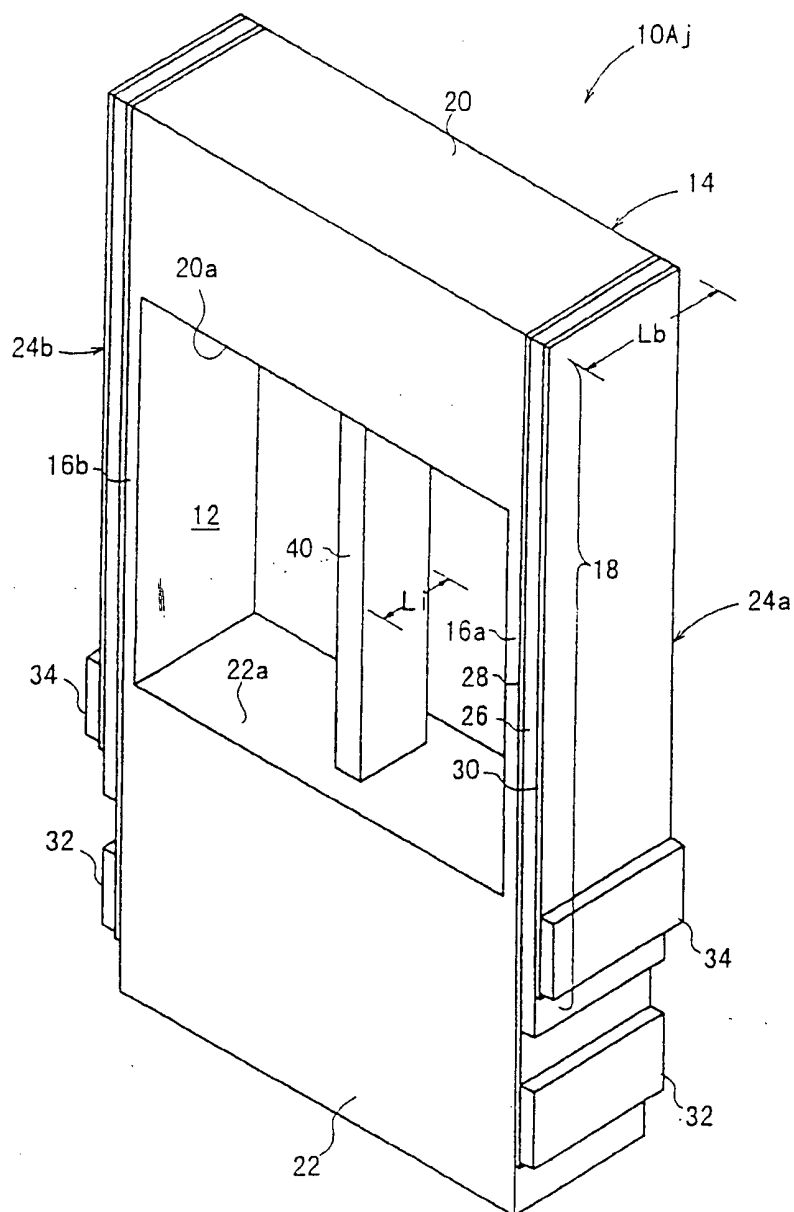
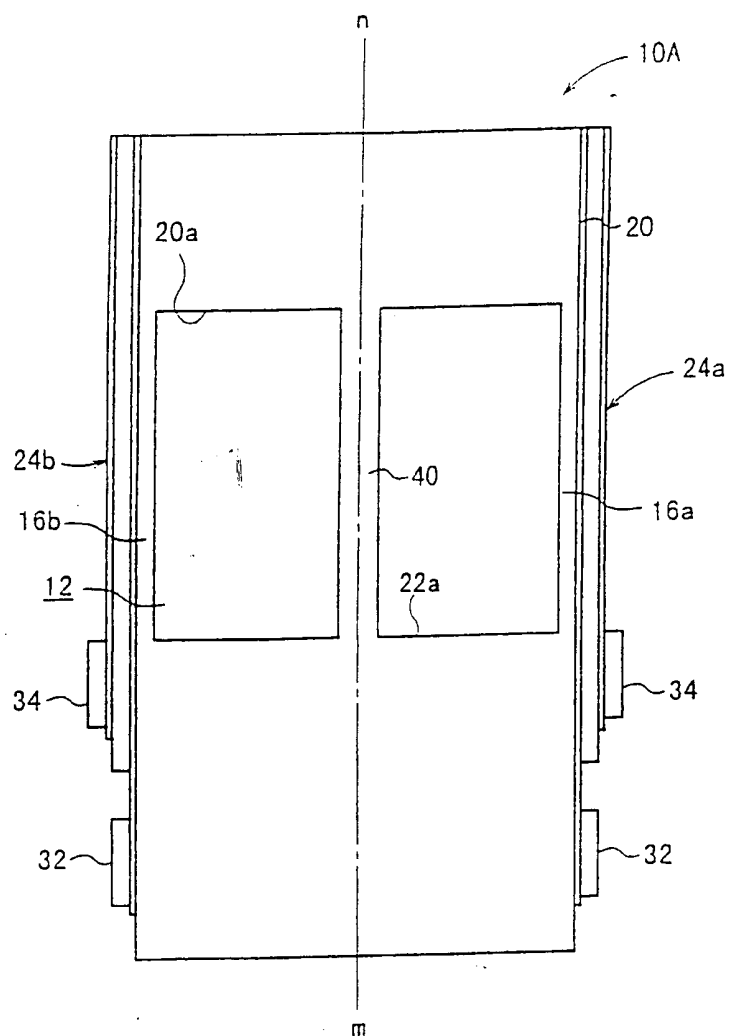


FIG. 13



14/23

FIG. 14



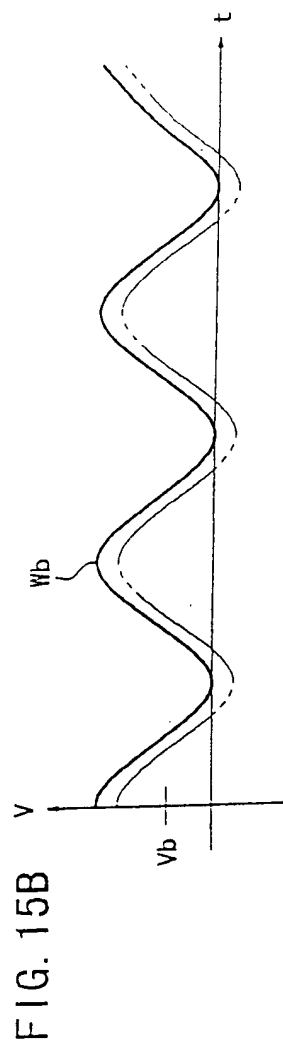
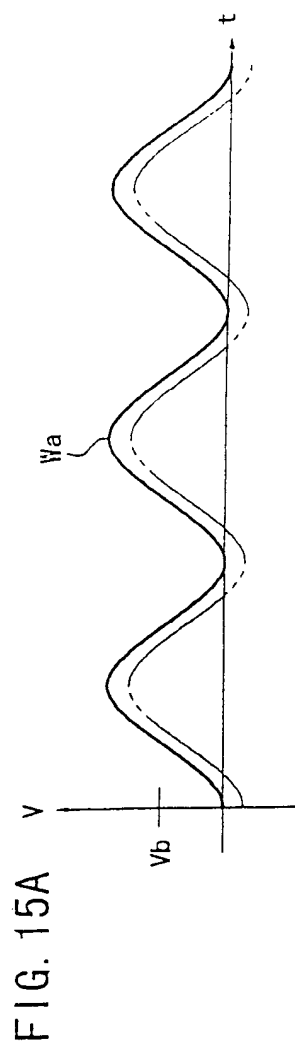


FIG. 16

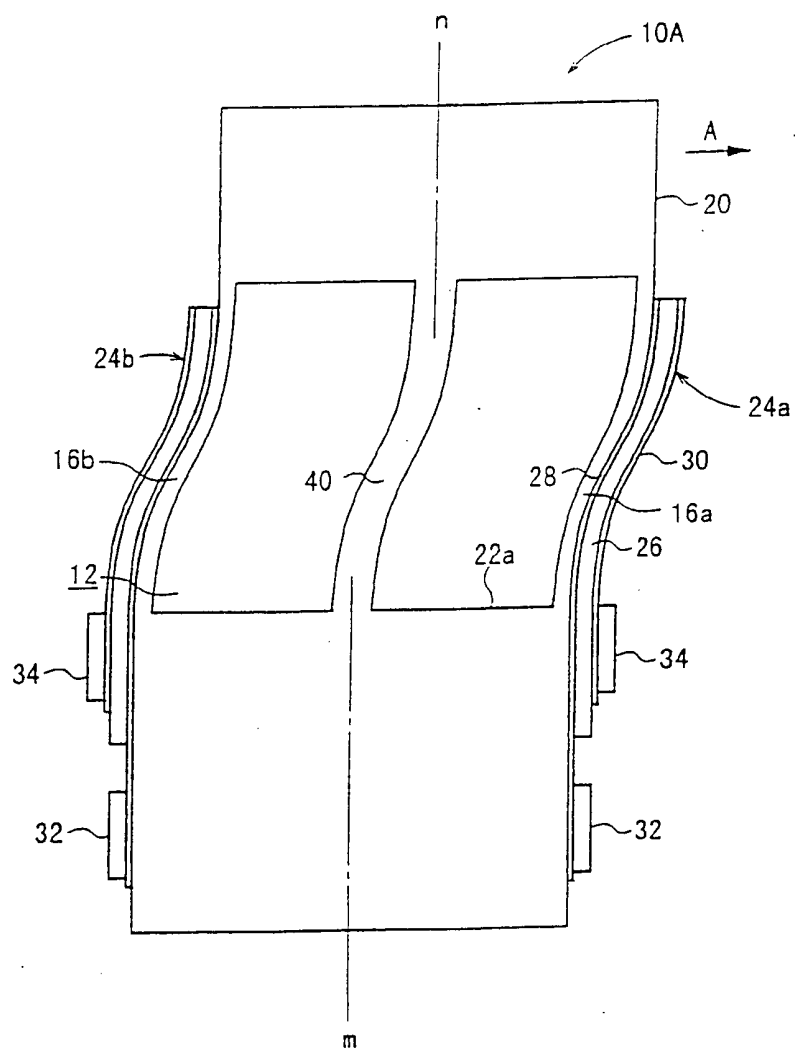


FIG. 17B

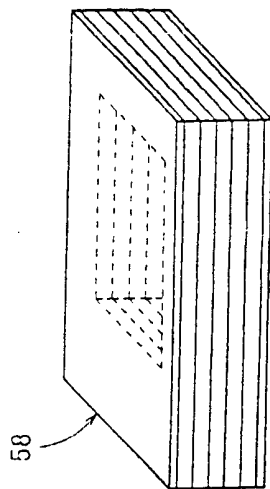


FIG. 17A

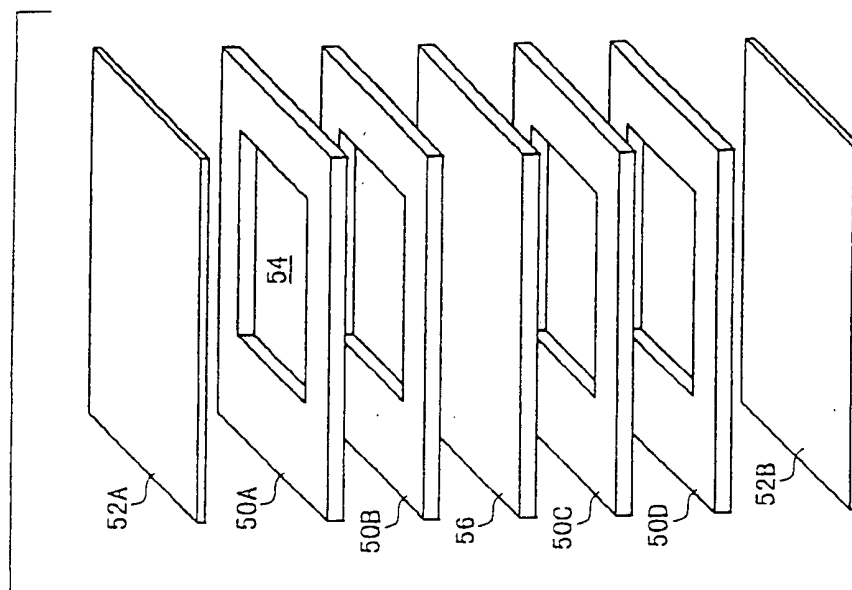


FIG. 18

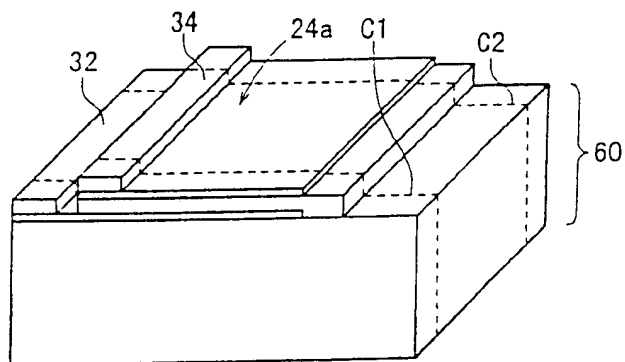


FIG. 19

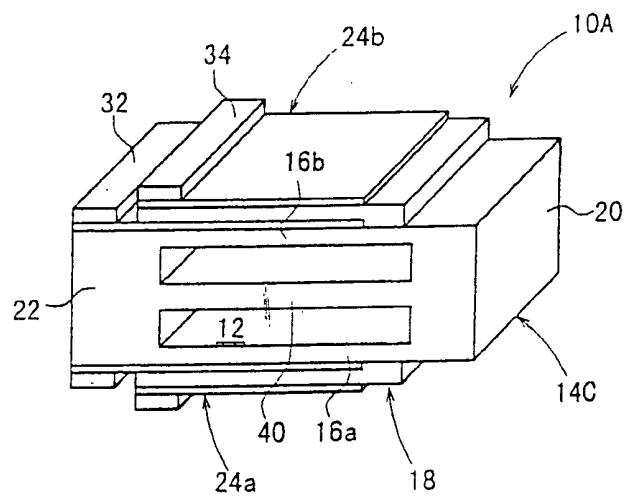


FIG. 20

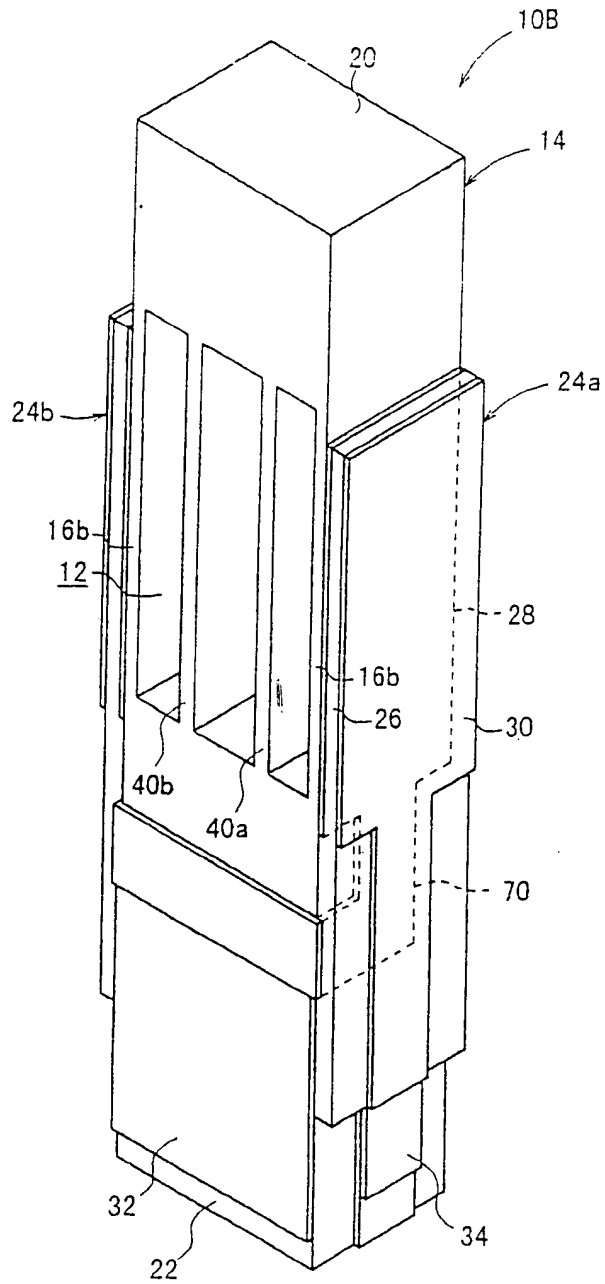


FIG. 21

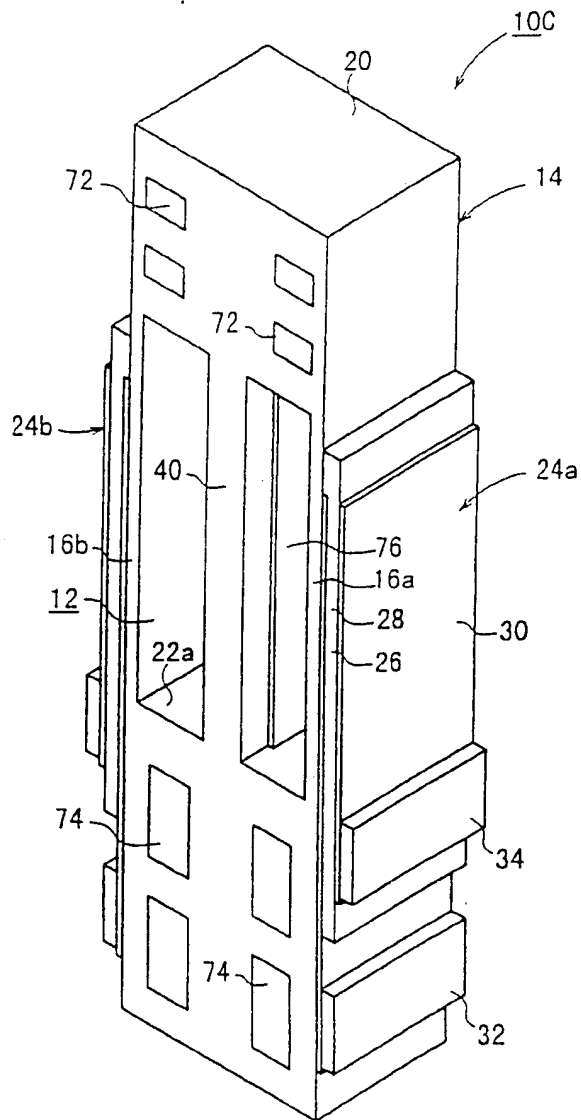


FIG. 22

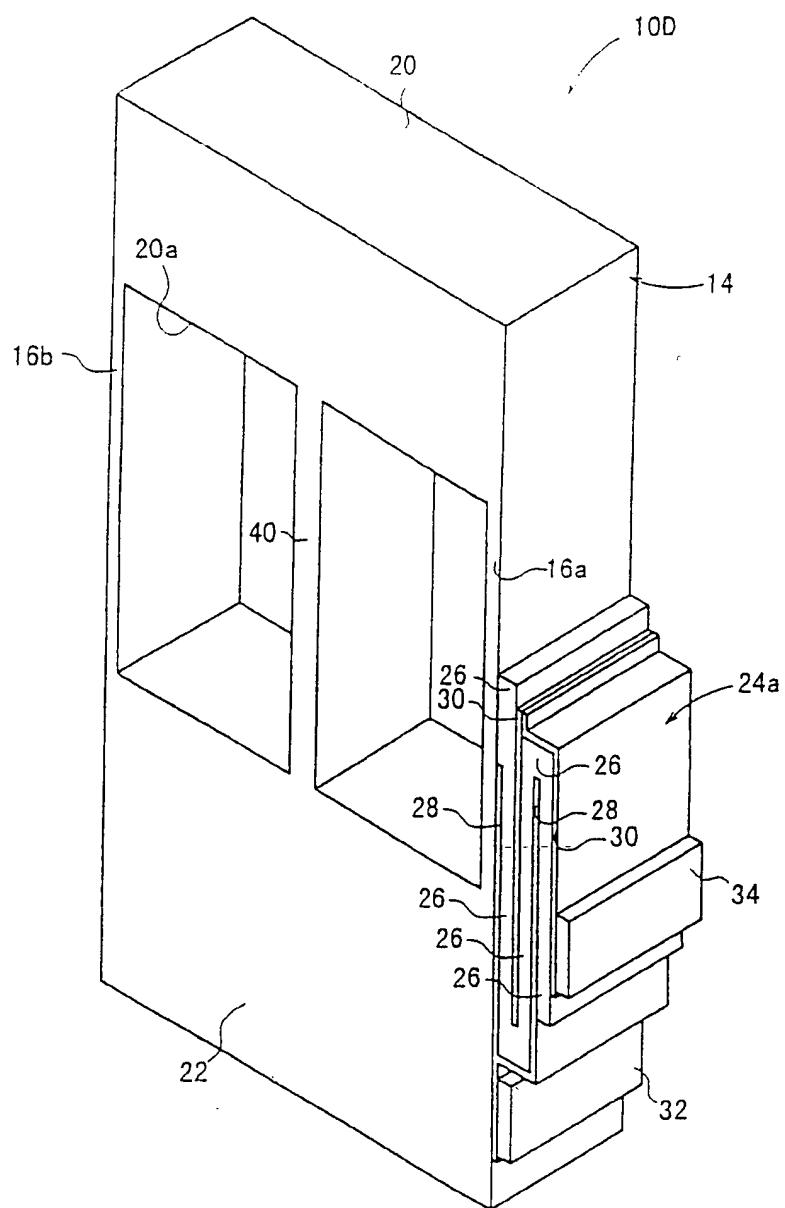
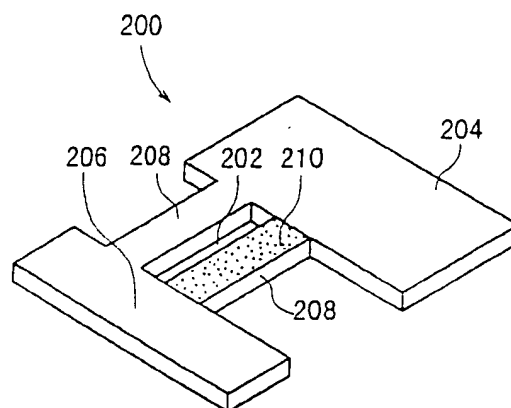


FIG. 23



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP00/06746

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ H01L41/08, 22

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ H01L41/08, 22

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
 Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2000
 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2000 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2000

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP, 2-159982, A (Marcon Electron Co., Ltd.), 20 June, 1990 (20.06.90), Full text; Figs. 1 to 6 (Family: none)	1-10
A	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No.3026/1988 (Laid-open No.107997/1989) (NEC Corporation), 20 July, 1989 (20.07.89), Full text; Figs. 1 to 4 (Family: none)	1-10
A	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No.199902/1985 (Laid-open No.168535/1987) (ANRITSU CORPORATION), 26 October, 1987 (26.10.87), Full text; Figs. 1 to 5 (Family: none)	1-10
A	JP, 61-183981, A (NEC Corporation), 16 August, 1986 (16.08.86), Full text; Figs. 1 to 4 (Family: none)	1-10

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search
19 December, 2000 (19.12.00)

Date of mailing of the international search report
26 December, 2000 (26.12.00)

国際調査報告

国際出願番号 PCT/JPO0/06746

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl.⁷ H01L41/08, 22

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl.⁷ H01L41/08, 22

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2000年
 日本国登録実用新案公報 1994-2000年
 日本国実用新案登録公報 1996-2000年

国際調査で利用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	J P, 2-159982, A (マルコン電子株式会社) 20. 6月. 1990 (20. 06. 90) 全文、第1-6図 (ファミリーなし)	1-10
A	日本国実用新案登録出願63-3026号 (日本国実用新案登録出 願公開1-107997号) の願書に添付した明細書及び図面の内 容を撮影したマイクロフィルム (日本電気株式会社) 20. 7月. 1989 (20. 07. 89) 全文、第1-4図 (ファミリーなし)	1-10

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

19. 12. 00

国際調査報告の発送日

26.12.00

国際調査報告

国際出願番号 PCT/JPO0/06746

C (続き) . 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	日本国実用新案登録出願60-199902号(日本国実用新案登録出願公開62-168535号)の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマイクロフィルム(アンリツ株式会社) 26.10月.1987(26.10.87) 全文,第1-5図(ファミリーなし)	1-10
A	JP,61-183981,A(日本電気株式会社) 16.8月.1986(16.08.86) 全文,第1-4図(ファミリーなし)	1-10